SISTEMA

DI

LOCOMOTIVA AD ELICE

per superare le forti pendenze sulle ferrovie.

INVENZIONE

DEL DOTT. G. GRASSI

Studii e disegno relativo

DEL CAPITANO INGEGNERE W. MOORSOM

DI LONDRA



MILANO
PER LE PROPOSTE DIRIGERSI IN VIA TORINO, 57
presso l'avvocato Abele Grancini.

223

SUL

METODO PROPOSTO

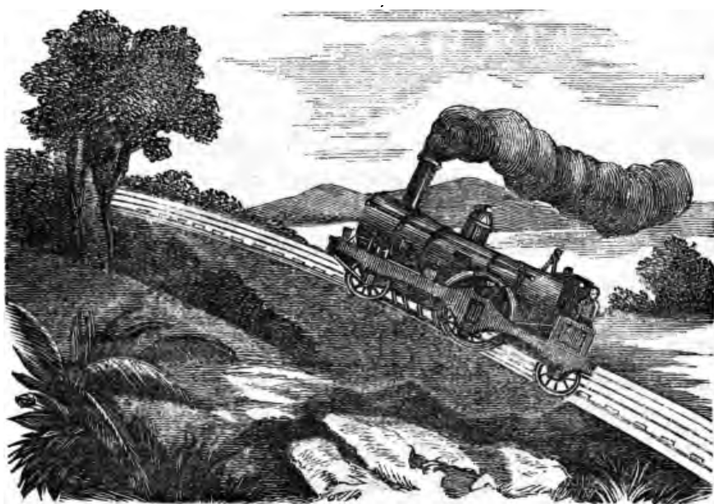
DAL DOTTOR

GIUSEPPE GRASSI

DI SALIRE LE FORTI PENDENZE

PER MEZZO

DI LOCOMOTIVA AD ELICE



MILANO

STABILIMENTO REDAELLI DEI FRATELLI RECHIEDEI

1868

Rapporto all' I. R. Istituto Lombardo di scienze, lettere ed arti della Commissione accademica, composta dei membri effettivi De-Cristoforis, Possenti e Magrini relatore, letto e approvato nell'adunanza del giorno 9 luglio 1857.

Il Dottor Giuseppe Grassi di Milano, concepita l'idea di applicare l'elice alla locomotiva onde far superare i piani inclinati ai convogli sulle ferrovie, la comunicò agli ingegneri Armengaud di Parigi e Wild di Londra; dai quali, vista la plausibilità del concetto, venne incoraggiato a perseverare nel proposito di procurarne l'attuazione. Fu anzi quest'ultimo che diede al costruttore inglese Lois l'incarico di formare il modello, che qui vedemmo alla pubblica mostra in occasione della visita di Sua Maestà.

Frammezzo e alle lodi e alle critiche esagerate il Grassi riuscì a costituire una Società di promotori dell'impresa, la quale, avendo spinte le sue pratiche in Inghilterra, ottenne che il capitano Moorsom, membro della istituzione degli ingegneri civili di Londra, autore del sistema di locomozione applicato sino dal 1840 al piano inclinato di Lickey sulla linea di Birmingham a Gloucester, incaricato dal suo Governo

di proporre il modo di risolvere la questione delle strade ferrate nell'isola di Ceylan, ottenne, abbiam detto, che quest'uomo autorevole assumesse di studiare il sistema del Grassi e cercasse di stabilirne la pratica utilità.

La convinzione che Moorsom manifesta nel suo rapporto del giorno 20 gennaio p. p. sulla felice riuscita del nuovo metodo, ha indotto la Società Grassi, Velini e Comp. a rilevarne il privilegio per tutta la Monarchia austriaca, e per gli Stati principali di Europa, ed a rifiutare offerte, dal lato pecuniario poco ragionevoli, fatte in Londra da parecchie compagnie.

Dopo di che il Grassi, d'accordo coi Socj, diresse una supplica a S. E. il Luogotenente di Lombardia, ond'egli volesse compiacersi d'interporre il valido ufficio della sua influenza presso il nostro Augusto Imperatore per ottenere i mezzi di sopperire alle spese di un esperimento in scala naturale che accerti l'applicabilità industriale del sistema ad elice.

L'Eccelso I. R. Luogotenente inviava il progetto a quest'Istituto per averne giudizio: e il Corpo Accademico ne affidava l'onorevole incarico alla sottoscritta Commissione, la quale per bocca del suo relatore viene oggi a recarvi, spettabili colleghi, le proprie considerazioni.

La necessità di riunire le linee centrali delle strade ferrate attraverso le montagne forma il grande scoglio della locomozione a vapore. E giacchè col crescere delle pendenze, rapidamente aumenta la forza necessaria per trascinarvi un dato peso, l'attenzione fu in primo luogo rivolta ai mezzi di ottenere macchine di grande potenza.

Ma siccome la potenza di per sè sola a nulla gioverebbe, ove le ruote motrici della locomotiva non trovassero appoggio bastante per spingere innanzi il convoglio, così una forte aderenza è il secondo elemento indispensabile per salire le pendenze.

S'incominciò a consultare l'esperienza col far uso di locomotive assai poderose. Per il quale oggetto si resero più ampj i focolari, più estese le superficie esposte al fuoco, più

forti le correnti d'aria alimentatrice, e si aumentò il diametro dei cilindri; con che viene ad accrescersi la quantità e la tensione del vapore, in modo che sarebbe difficile poterne assegnare il limite.

Per siffatta guisa si dominarono pendenze del 3 per cento, ritenute una volta insuperabili. Ma cotale sistema, esigendo macchine di enorme peso per accrescere l'aderenza, rendevasi aperto che quanto più erta ne fosse la pendenza (e minore quindi il peso sostenibile della locomotiva) tanto maggiore dovesse essere invece il peso di quest'ultima, e minore la massa utile trasportabile.

Il consigliere Engerth fece acquistare alle locomotive per la salita del Sömmering grande aderenza coi raili, collocando i serbatoj dell'acqua sopra le ruote motrici. In tal guisa una locomotiva poteva trascinare un peso di oltre 200 tonnellate sovra una pendenza del 2 1[2 per cento, però colle rotaje asciutte.

Colle rotaje inumidite il coefficiente d'attrito discende a meno di 1[10 e la locomotiva non aderisce che per trascinare su quella pendenza 130 tonnellate appena. Il sig. Engerth aveva cercato di ovviare l'inconveniente adottando la disposizione già da altri usata di accoppiare le ruote posteriori della locomotiva con quella del *tender* mercè ingranaggi che si dovettero abbandonare per il grave inconveniente che essendo essi stabiliti su due carri non costituenti un sistema ben rigido e solidale, non resistevano agli urti e si rompevano ad ogni momento.

Ne viene che i migliori mezzi di accrescere la potenza delle macchine non si prestano a risolvere che una parte del problema, l'altra parte consistendo nei mezzi di accrescere l'aderenza, non ancora trovati veramente acconci.

A Saint-Étienne e in molte località dell'Inghilterra, del Belgio, della Germania per salire le forti pendenze si pensò di stabilire macchine a vapore fisse, da cui i convogli vengono tirati mediante una specie d'argano sul quale si avvolge una fune attaccata con un capo al convoglio e lungo la via sostenuta da puleggie.

A Saint-Germain invece, attuando una idea suggerita prima da Medhurst, poi da Pincus, migliorata da Clegg e Samuda, si ricorse alla pressione atmosferica.

Ma tutti questi mezzi sono già stati giudicati dalla pratica e non hanno probabilità di ricevere una estesa applicazione.

Si rivolsero gli studi ad approfittare delle forze motrici che la natura offre gratuitamente. Appartengono a questa classe *i piani automatori*. Ma il bisogno di un doppio binario, la difficoltà di adempiere alle condizioni di un giusto contrappeso; l'idea dei disastri che arrecherebbe una velocità irrefrenabile dovuta o all'eccesso del contrappeso o alla rottura della fune, sono motivi che ne sconsigliano l'adozione.

Non tocca a noi discutere sul merito delle varie proposte fatte in questi ultimi tempi dai signori Benati e Gastaldoni (con galleggianti), dai signori De-Cristoforis, De-Lorenzi, ed Agudio (con ruote a palle), dal signor Girard (col principio del turbine), dal signor Shuttleworth (colla pressione idraulica), dai signori Piatti, Grandis, Grattoni e Sommelier (coll'aria compressa); tutti i metodi che mirano a giovarsi della forza motrice gratuita dell'acqua (che talvolta s'incontra in grandi masse là dove stanno grandi pendenze), i quali, sebbene in qualche caso speciale possano essere utilmente applicati, non soddisfano però alle condizioni generali del problema.

Da questi rapidi cenni frattanto si rileva che due soli metodi, quello delle locomotive forti e pesanti, l'altro delle macchine fisse con funi ricevettero finora le maggiori applicazioni. Ma siccome l'uno porta seco i gravissimi inconvenienti di trasportare un piccolo peso utile aumentando a dismisura le spese di esercizio, e guastare prontamente il sistema delle guide per quanto se ne curi la solidità; e l'altro va incontro agli svantaggi di non permettere una locomozione continua, ma interrotta a ciascun passaggio d'un piano inclinato al successivo, di esporre il convoglio al gravissimo danno di una caduta (ad onta dei freni di cui può

essere munito) se mai su di una forte acclività la corda venisse a rompersi, e di esigere spese ingenti per l'installazione e manutenzione dei meccanismi i quali dovrebbero essere doppj onde non assoggettare la linea a frequenti interruzioni: così dobbiamo conchiudere che l'arduo problema di salire le grandi pendenze lascia tuttora moltissimo a desiderare.

Nel 1846 pareva che il sig. Busse, impiegato superiore alla strada ferrata da Dresda a Lipsia, pensasse all' elice per realizzare le condizioni d'aderenza volute dal medesimo problema; intorno a che giova riportare le parole che si leggono nel Dizionario enciclopedico, dell' ingegnere-architetto Gaetano Brey all' articolo *strade ferrate.* « *Egli* (il Busse) *immaginò un sistema di locomozione per la salita dei piani inclinati d'ogni specie, basato sul principio della vite ad elice, che viene applicata ad un vagone, e s'ingrana nei denti orizzontali e cilindrici di un railo di ghisa collocato nel mezzo della rotaia e che viene girata da una forza motrice che si trova sul vapore. Il cilindro a vite percorre in ogni rivoluzione una distanza eguale all'ascensione di ogni giro della vite.* »

Lasciando di osservare che l' ideato sistema meritava di essere annunziato con maggiore precisione, notiamo solo che per quante ricerche siensi fatte, non si trovò alcun'altra posteriore notizia sull'argomento; per cui è lecito conchiudere che l'elice applicata nella suindicata maniera non abbia ricevuto la sanzione della pratica, forse per l'intromissione del comune ingranaggio, da cui pare che il sig. Busse non avesse veduto di potersi emancipare.

Il precipuo merito del sig. Grassi starebbe appunto nella idea più felice di sostituire ad un'asta dentata delle girelle mobilissime, fermamente stabilite a notabile distanza l' una dall' altra. Veggiamo come l' ingegnere Moorsom ne abbia sviluppato il metodo di applicazione.

Nel mezzo del binario va stabilita una fila di travi longitudinali detti dormienti colla larghezza di 25 e collo spessore di 20 centimetri circa. Lungo questa linea e ad una

distanza di 106 centimetri l'una dall'altra (da centro a centro) sono da porsi delle girelle aventi il diametro di 21, e l'altezza o grossezza di 7 centimetri circa. Si rendono esse mobili intorno ad assi o fusi ne' detti dormienti solidamente fissati. A questi fusi è assegnato il diametro di circa 6 centimetri, e si dà loro la lunghezza occorrente per essere chiusi a vite sotto i dormienti, e sporgere al di sopra tanto quant'è la grossezza delle girelle.

Le guide sono stabilite su travi disposti all' americana, cioè in direzione parallela all'asse della strada. Si collegano esse fra loro e coi dormienti delle girelle per mezzo di contrafforti trasversali, che ad ogni metro circa di distanza stringono con chiavarde le tre file di travi longitudinali in un solo sistema.

Sotto la caldaja della macchina a vapore stanno i cuscinetti che sostengono il cilindro o nocciolo dell' elice: esso è lungo 162 centimetri circa ed ha il diametro di quasi 18 centimetri.

Intorno a questo cilindro si avvolge il filo dell'elice, inclinato al suo asse per un angolo di circa 18 gradi, avente lo spessore di 5 e il diametro di 33 centimetri: havvi dunque sul nocciuolo il risalto di centimetri 7 e 1|2 quasi pari alla grossezza delle girelle.

Il passo dell'elice, ossia la distanza da un verme all'altro, da asse ad asse, è di centimetri 31 e 1|2: l' elice dunque che componesi di 5 vermi, farà con 5 passi, vale a dire con cinque rivoluzioni complete, un cammino di circa 158 centimetri.

Ora, poichè la distanza fra due girelle consecutive è di 106 centimetri, e per conseguenza di 212 l'intervallo compreso fra tre di queste, chiaro apparisce come la vite per il tratto di 54 centimetri e 1|2 resti in presa con una sola girella. Andiamo a riconoscere la maniera con cui s'imprime alla vite il moto di rotazione.

Coll'asse delle ruote motrici della locomotiva forma corpo una ruota conica col diametro di 82 centimetri circa, munita di 54 denti, che s'impegnano ne' 18 denti di un rocchetto,

posto ad angolo e fermamente unito colla estremità di un albero avente il diametro di 11 centimetri, il quale all'altezza di circa 47 centimetri dall'elice (da asse ad asse) può girare parallelamente ad esso. Il detto albero viene colla sua seconda estremità a fissarsi nel centro di una ruota col diametro di 72 centimetri fornita di 48 denti che s'ingranano coi 12 denti di un secondo rocchetto posto a capo dell'elice medesimo.

Ora per il rapporto sussistente tra il numero dei denti della ruota conica e il numero dei denti del rocchetto che le si congiunge ad angolo, dovrà questo effettuare tre giri intanto che la ruota conica ne compie uno. Similmente per il rapporto tra il numero dei denti della seconda ruota e il numero dei denti del secondo rocchetto, questo compirà quattro giri intanto che quella ne eseguisce uno. Si rende quindi aperto dovere quest'ultimo, e con esso l'elice, ripetere 12 giri nel tempo che la ruota conica e per conseguenza la ruota motrice impiega a farne un solo.

E dappoichè Moorsom assegna alla ruota motrice della locommotiva, che si propone di costruire, il diametro di 122 centimetri, per ogni rivoluzione della ruota motrice l' elice spingerassi avanti e per conseguenza la locomotiva farà il cammino di circa 382 centimetri.

L'ingegnere inglese intende costruire per l' applicazione del sistema Grassi una locomotiva con cilindri esterni di 46 centimetri di diametro, collo stantuffo della corsa di 61 centimetri e con caldaja bastantemente capace a somministrare il vapore (ad espansione variabile) necessario per correre sul piano inclinato del 5 per cento colla velocità non minore di 19 chilometri all'ora, e con un carico di 100 tonnellate, unitovi il peso della locomotiva e del *tender* formanti un solo corpo, dovendo quest'ultimo essere congegnato sulla stessa locomotiva; la quale secondo i computi di Moorsom peserà complessivamente circa 28 tonnellate.

Per conseguire tale velocità dovrebbe la ruota motrice ripetere 4974 volte all'ora la sua rivoluzione, fare cioè 82 giri e 9[10 al minuto primo, un giro e poco più di un terzo

al minuto secondo, e per conseguenza la vite sarebbe condotta a compiere 16 giri e mezzo al minuto secondo.

Vi abbiamo posto sott' occhio, onorevoli colleghi, lo sviluppamento del metodo con cui l' ingegnere Moorsom, attuando il pensiero di Grassi, intende di fare l'applicazione dell'elice alla locomotiva.

Ora accenneremo alle principali difficoltà che nella pratica applicazione si affacciarono alla vostra Commissione.

1.° Il sistema ad elice va esso incontro agli stessi inconvenienti pe' quali i comuni ingranaggi (primi ad essere messi alla prova) furono dalla pratica rifiutati?

2.° La vite non potendo in causa dell' obbliquità del verme agire parellelamente al suo asse, non potendo cioè mettersi in presa colle rotelle in direzione ortogonale alla linea che percorre la locomotiva, ma di fianco alla medesima, deve esercitare una spinta laterale e produrre forse dannosi spostamenti.

3.° La indispensabile stragrande velocità di rotazione dell'elice procurata dai rapporti dell' ingranaggio rende ingenti le resistenze, cagionando tremiti ed urti che obbligheranno forse a troppo frequenti riparazioni.

4.° La disposizione data agli organi ricevitori, trasmissori, operatori creando la necessità di una perfetta armonia tra i loro movimenti, se per una meno precisa costruzione o per corrosioni avvenute la vite mandasse avanti il convoglio più o meno di quanto lo fanno avanzare le ruote motrici, non si potrebbero evitare gli strisciamenti, i contrasti, le reazioni fra gli organi medesimi, circostanze le quali, oltre il consumo inutile di potenza, cagioneranno notabili deperimenti.

5.° Le spese di esercizio della potente locomotiva Moorsom, quelle di manutenzione dell' intero sistema Grassi, potrebbero riuscir esse cotanto ingenti da sconsigliarne l' adozione ?

La prima difficoltà non sembra bastantemente fondata: l' applicazione delle girelle alla distanza di oltre un metro l' una dall' altra è un notabile prefezionamento in confronto del numero almeno decuplo dei denti continuati di un' asta.

Questi sono rilievi isolati di poca consistenza; quelle cogli assi infissi ne' dormienti di legno riescono robustissime. I denti formando coll' asta un solo corpo, essendo cioè immobili, oppongono un forte attrito radente, e appunto per la loro rigidezza devono soggiacere di continuo alla rottura: le rotelle all'apposto per la loro mobilità attorno il proprio asse presentano un minore attrito volvente e sono molto più valide e sostenere le spinte. L' ingrassamento poi dell' asta dentata è operazione lunghissima ed assai malagevole per non dire impossibile; mentre per le rotelle riesce facile e pronta. Per le quali considerazioni la Giunta non ammette che il sistema ad elice possa andare incontro agli stessi inconvenienti del comune ingranaggio, anzi ritiene che debba ovviarne i più gravi.

La seconda difficoltà ci ha condotto alla ricerca dei criterj onde valutare la quantità di resistenza che possono opporre le girelle, e vedere se trovinsi in grado di assorbire le spinte senza alterare la stabilità del sistema.

Innanzi tutto, allo scopo di determinare gli sforzi cui devono resistere gli assi o fusi delle girelle è d' avvertire che un piano, inclinato del 5 per cento, forma colla base un angolo di circa 2 gradi e 52 minuti, il cui seno equivalendo a 0,05 ossia alla ventesima parte del raggio, fa conoscere che diecinove ventesimi del peso totale del convoglio rimangono distrutti dal piano medesimo. Il fuso adunque di una girella dovrebbe sostenere il traimento di un solo ventesimo del peso totale, cioè di 5 mila chilogrammi.

Qui giova però avvertire che il punto di applicazione di detta forza non cadendo sull' asse della strada, ma sulla periferia della rotella alla distanza di circa 18 gradi da quest' asse, ha luogo una scomposizione di detta forza in due, l' una tangenziale che non opera contro il fuso ma tende a far girare la rotella: l' altra diretta al suo centro che esprime appunto lo sforzo effettivo esercitato contro quel fuso. Ora per le dottrine della meccanica risulta il traimento ridotto a 4740 chilogrammi, dovendo la pressione primitiva moltiplicarsi pel coseno (0,948) di quell' angolo.

Al che si deve aggiungere che una parte di questa forza traente dev'essere vinta dalla stessa locomotiva.

Vaglia il vero, Moorsom si propone di costruire una macchina simile a quelle che si usano sui piani inclinati delle migliori ferrovie di Europa, chiamate *Bank-Engines*, simile a quella che già da 16 anni egli applicò al piano di Lickey inclinato di circa un tre per cento. L' ingegnere inglese afferma che una di queste locomotive coll'aumento di aderenza procurato dall'elice sarebbe atta a trascinare un peso di 50 tonnellate sopra un piano del 5 per cento; e con un' aggiunta di vapore impiegato a muover l' elice trascinerebbe un peso di circa 80 tonnellate. Cosicchè l' elice non farebbe che sussidiare la locomotiva col sostenere 3|8 del carico; per cui la trazione superiormente calcolata di 4740 chilogrammi sarebbe vinta per chilogrammi 2962,5 dalla locomotiva e pei rimanenti chilogrammi 1777,5 dall' elice.

Nel caso pertanto ora considerato si deve far capitale non della resistenza assoluta ma della relativa che il cilindro di ferro, che serve di asse alla girella, oppone alla sua frattura.

Si è veduto che la lunghezza del cilindro destinato a subire lo sforzo di quel traimento è di 70 millimetri e che il raggio della base ne comprende trenta. Il cilindro è fermo ad una delle sue estremità: e la forza che tende ad infrangerlo, va, mediante la rotella e il risalto della vite, a distribuirsi per tutta la sua lunghezza.

Potremo dunque supporre l' asse stimolato alla frattura dalla trazione di 1777,5 chilogr. applicata alla metà della sua lunghezza in direzione perpendicolare all'asse medesimo, cioè parallelamente alla sezione da schiantarsi.

Ora le dottrine della meccanica ci fanno conoscere che la resistenza rispettiva esercitata dall'asse contro quella forza viene espressa da $\frac{K \pi R^3}{L}$, ove K rappresenta il coefficiente della resistenza, π il noto rapporto della circonferenza al diametro, R il raggio della base, L la lunghezza del cilindro.

Introducendo nella detta formola i dati numerici, e adot-

tando pel ferro il coefficiente (1750000) assegnato da Poncelet, già ridotto al settimo del suo valore per riguardo agli accidenti che possono grandemente far variare la resistenza, si ottiene il risultato di 4241 chilogrammi, vale a dire una resistenza molto maggiore dello sforzo traente calcolato di 1777,5 chilogrammi.

E questa solidità delle girelle troverassi ancora più esuberante se si considera che la suindicata resistenza di chilogrammi 4241 è quella che verrebbe assunta dai costruttori nel caso in cui i materiali dovessero essere assogettati a sforzi permanenti. Per azioni di breve durata e intermittenti, ritiensi in generale sufficiente una resistenza tre e quattro volte minore di quella che si richiede per un'azione continuata.

Ora è agevole riconoscere che di tale natura vale a dire istantanei sono gli sforzi contro le rotelle del Grassi: imperciocchè colla velocità propostasi da Moorsom, ciascuna rotella non resta in presa coll'elice che per soli 3[10 circa di minuto secondo.

Pare adunque che le spinte sugli assi delle rotelle possano essere sostenute e impunemente assorbite.

Se non che trovandosi gli appoggi delle guide e i dormienti delle girelle tra loro strettamente connessi e formanti un solo sistema, quegli sforzi laterali non potrebbero col tempo spostare tutto il sistema?

A diminuire se non a togliere interamente gli effetti di queste spinte laterali potrebbe forse giovare la pratica seguita nelle curve, di rialzare di qualche millimetro l'orlo (nel caso nostro) della guida destra, qualora però vi fosse un doppio binario. E se per un terreno saponaceo, sdrucciolente, vi avessero indizj di qualche spostamento, potrebbesi ovviare l'inconveniente col proteggere i lati esterni del binario mediante pali a determinate distanze conficcati nel suolo.

Se le cose finora esposte mirano a dissipare anche la seconda difficoltà, non par ch'esse valgano a togliere la terza.

È indubitato che le condizioni, richieste dal sistema Moor-

som dovendo essere soddisfatte, l'elice avrà da compiere sedici evoluzioni al minuto secondo. Tale velocità invero sorprende: ma essa non è senza esempio.

L' elici dei bastimenti a vapore fanno mille giri circa ad ogni minuto primo: nè sembra che la resistenza degli attriti sui loro perni vi debba essere minore: mentre riesce pur grandissima anche quella del liquido che fa l' ufficio di madrevite e tutte simultaneamente abbraccia le spire componenti la vite. I due casi però sono molto diversi, e la teoria non offrendo sufficienti criterj per valutarne le differenze, toccherà all' esperienza il decidere.

Nemmeno per riguardo ai tremiti e agli urti di cui sopra si è fatto cenno, la teoria suggerisce norme precise.

I calcoli istituiti per le resistenze alla trazione non sono applicabili alla misura degli urti. In questi deve computarsi la quantità di moto, coll' avvertenza che il convoglio non formando un sistema rigido, la massa urtante non può considerarsi costituita da quella dell' intero convoglio, ma di una sola parte; la di cui quantità di moto potrebbe non ostante superare di molto la resistenza degli assi delle rotelle.

È dubbio per altro che, cotal urto accadendo per quei minimissimi spazj in cui supponesi tolto il contatto, possa tutta la quantità di moto esservi versata. È un principio di fatto, la comunicazione del moto non effettuarsi istantaneamente: ed è pur notissimo avere i corpi flessibili la proprietà di smorzare i movimenti col riceverli in sè, divisi e suddivisi. Per il primo fatto la girella non potrebbe ricevere che una piccola porzione della forza di cui la massima parte sarebbe impiegata a farla girare; per il secondo, la porzione pur minima di moto comunicata all'asse verrebbe dalle fibre legnose assorbita e resa innocua.

Ad ottenere il quale effetto contribuirebbe moltissimo, giova ridirlo, la peculiare struttura del binario e l'essere questo connesso coi dormienti della fila intermedia. Le tre file di travi rese in tal modo solidali, sarebbero attissime, perchè dotate di un certo grado di flessibilità, a ricevere e smorzare urti potenti, suddividendoli nelle infinite fibre che le costituiscono.

Tali criterj però non bastano per fondare un sicuro giudizio: e converrà interrogare l'esperienza, la quale se facesse per avventura conoscere che siffatti urti succedono con effetti struggitori, il meccanico potrebbe, entro certi limiti, rimediarvi coll'accrescere il diametro dei fusi, sapendo che le loro resistenze aumentano nella ragione dei cubi dei loro diametri.

La Commissione dichiara inoltre di non potersi pronunciare nemmeno intorno gli effetti che potrebbero questi urti produrre sulle varie parti della locomotiva, e in ispecie sulle ruote dentate e sui rispettivi rocchetti che costituiscono gli organi trasmissori; gli effetti dipendendo da una esecuzione più o meno imperfetta degli organi medesimi e dal grado delle alterazioni avvenute coll'uso.

Quanto alla necessità di ottenere la perfetta e concomitante azione delle ruote motrici e dell'elice, è opinione della Giunta che le difficoltà a ciò inerenti sieno di natura da essere con pieno successo superate dalla perizia e dalle cure dell'ing. Moorsom, famigliare con siffatte costruzioni.

Diremo anzi non essere questa una delle operazioni più malagevoli, giacchè il meccanico pratico, anche senza i peculiari spedienti di cui potrebbe valersi l'ingegnere inglese, per assegnare agli indicati due organi le dimensioni necessarie onde conseguire l'esatto rapporto di velocità comandato dagli ingranaggi, troverebbe forse di escludere in principio questi medesimi ingranaggi, obbligar l'elice a compiere dodici rivoluzioni; e, segnato il cammino fatto dalla macchina, riconoscere se esso corrisponda esattamente a un giro completo della ruota motrice e al preciso sviluppo della sua circonferenza.

A mantenere poi il giusto rapporto di velocità fra i due organi suindicati ben vidde Moorsom, tornar utile che la cerchiatura delle ruote motrici sia cilindrica, non abbia cioè la forma a tronco di cono; l'intento per cui la detta forma è comandata potendovisi ottenere egualmente col concederla alle sole quattro ruote d'angolo.

Se non che ottenuta una volta questa perfetta concomi-

tanza di azione, potrà essa durare lungamente? Appena le cerchiature delle ruote cominceranno a logorarsi, si romperà quest'armonia fra le parti: verranno in campo gli strisciamenti, i contrasti, le reazioni arrecando all'intero sistema un danno, che risulterà maggiore nel caso in cui la vite tendesse a mandare avanti il convoglio più di quanto lo fanno avanzare le ruote motrici. Imperciocchè quando la vite fa procedere il convoglio meno che le ruote, la compensazione si opera facilmente collo strisciamento delle stesse ruote, senz'altro nocumento oltre un maggiore dispendio di potenza. Quando sono invece le ruote che avanzano meno, la compensazione può difficilmente effettuarsi senza notabili sconcerti, non trovandosi l'elice in condizione di potervi strisciare come le ruote.

Il costruttore pertanto dovrà avere riguardo a questa circostanza, e disporre le cose in modo che possa verificarsi il primo piuttosto che il secondo inconveniente.

Ora pare alla Giunta che il sig. Moorsom abbia avuto in mira di soddisfare appunto a questa condizione; dappoichè, esaminando il progetto nelle sue particolarità si è notato che la somma dei dodici passi della vite (che dovrebbe corrispondere a un intero giro della ruota motrice) è minore di quattro centimetri circa dello sviluppo della sua circonferenza.

La vostra Giunta ha forse indovinato il pensiero dell'abile ingegnere, ch'è quello di porre la macchina in istato di prestare un lungo servizio, assoggettandola dapprincipio a un lieve difetto, che poi deve diminuire coll'uso e permettere che le ruote possano essere rettificate sul tornio.

Quando col lungo esercizio la macchina cominciasse ad incorrere nell'opposto difetto, quelle ruote dovrebbero ricevere nuove cerchiature; e le condizioni precedentemente discorse potranno essere ristabilite collo stesso metodo.

Le suesposte considerazioni inducono la Giunta a credere che il modo peculiare di costruzione della ferrovia proposta da Moorsom non esiga per la sua manutenzione spese di gran lunga maggiori di quelle che sono necessarie per le

strade di ferro ordinarie percorse con locomotive di eguale potenza.

E quando si voglia considerare il maggior peso utile che nel nuovo sistema può venire trasportato ad onta di una maggior pendenza, si ritiene che ne debba infine risultare economia di esercizio.

Si noti che l'inoperosità o la mancanza qua e colà di alcune girelle, non potranno mai dar luogo a interruzioni nella corsa. A persuadercene, basta riflettere che quando il convoglio ha concepito la velocità di cinque metri, può per alcuni istanti in causa dell'inerzia continuare la corsa quasi colla stessa velocità, in guisa che, se per uno straordinario accidente, alcune girelle mancassero saltuariamente, il veicolo per l'impressa velocità e per l'azione non interrotta delle ruote motrici continuerebbe ancora il suo movimento sino a mettersi in presa colla rotella che segue, percorrendo il breve intervallo di 54 centimetri. Il che pare dover rendere molto più facile e meno interrotto l'esercizio col sistema Grassi che con tutti gli altri sistemi sinora praticati.

Aggiungeremo che nel caso improbabile che la vite soggiacesse a rotture per modo di rendersi affatto inoperosa, la locomotiva Moorsom (continuando il suo lavoro) ovvierebbe i disastri di una caduta precipitosa, agendo essa come un freno potentissimo.

La Giunta inoltre si propose di cercare alcun dato sulle spese d'esercizio: al quale intento istituì delle ricerche sullo sforzo di trazione della macchina per valutare in via approssimativa la quantità di vapore ch'essa dovrebbe fornire onde correre sul piano inclinato con una velocità di 5 metri al minuto secondo, trascinando un carico non minore di 100 tonnellate.

Per tale oggetto devesi tener conto della resistenza del convoglio e dell'attrito dell'ingranaggio che trasmette il moto all'elice.

Lo sforzo di trazione per vincere la resistenza del convoglio si compone di due quantità; l'una costante per il traimento

con una velocità infinitamente piccola: l'altra variabile col quadrato della velocità per la resistenza dell'aria.

Da varie sperienze eseguite in Francia e in Inghilterra si è trovato che sopra una strada orizzontale la media delle suindicate due quantità viene espressa per ogni chilogrammo dai seguenti due valori:

quantità costante $=$ 0,00421
quantità variabile $=$ 0,0000317.

Ora se si ammette che la velocità da imprimere al convoglio sia di 5 metri al secondo, lo sforzo di trazione per ogni tonnellata esigerà il valore

$$1000 \times 0{,}00421 + 1000 \times 0{,}0000317 \times 5^2 = 4{,}21 + 0{,}7925$$

prossimamente eguale a 5 chilogrammi.

Ne viene che il convoglio per ogni tonnellata di peso domanderà una tensione utile contro gli stantuffi motori di 5 chilogrammi onde percorrere una strada orizzontale.

Ma per vincere la gravità sui piani inclinati si deve a' detti 5 chilogrammi aggiungerne 10 ad ogni 1 per cento d'inclinazione, e perciò chilogrammi 50 quando l'acclività raggiunga il 5 per cento: nel caso nostro la forza motrice necessaria sarà dunque di chilogrammi 55 per ogni tonnellata.

Per ciò poi che riguarda la resistenza dell'ingranaggio, manchiamo di dati precisi. Appoggiandosi per altro ad alcune analogie, si può fare l'ipotesi che a superarla basti un aumento di forza in ragione del 25 per cento della forza traente trasmessa all'elice, che si suppone eguale a 3/8 della totale.

Premesse le quali estimazioni ed ipotesi, ammesso che il peso del convoglio sia di 100 tonnellate, si rileva che per salire sul piano inclinato del 5 per cento colla velocità di 5 metri al minuto secondo, occorrerà una potenza di vapore equivalente alla pressione di

$$100 \times 55 + 2062 \times 0{,}25 = 5500 + 515{,}5 = 6016$$

chilogrammi circa.

Torna facile adesso determinare la tensione con cui dovrebbe agire il vapore. Infatti, essendo il diametro dei cilindri motori di 46 centimetri, la base di ogni stantuffo comprenderà 1662 centimetri quadrati. E sebbene agiscano simultaneamente due stantuffi motori, devesi non pertanto considerare la tensione del vapore sulla base di uno solo, essendo i due stantuffi, com'è noto, così disposti che l'uno opera col massimo impulso, quando l'altro è ridotto al minimo. Epperò l'azione continua ma variabile dei due motori, potrà (in via d'indagine) riguardarsi equivalente all' azione massima continua di un solo.

La tensione del vapore corrisponderà dunque alla pressione di

$$\frac{6016}{1662} = 3,62$$

chilogrammi sopra ogni centimetro quadrato, vale a dire corrisponderà prossimamente alla pressione di atmosfere tre e mezzo.

È inutile osservare che per maggiori resistenze potrassi impiegare il vapore a tensioni più elevate.

Con questi dati si potrebbe eziandio valutare il consumo del combustibile. Invero, gli stantuffi motori col diametro di 46 e colla corsa di 61 centimetri presentano al vapore, individualmente, la capacità di litri 101,38; per ogni giro di ruota motrice saranno dunque impiegati 405 litri circa di vapore. Si è veduto a suo luogo che per conseguire la velocità di 19 chilometri all' ora, la ruota motrice deve fare 82 giri e 9[10 al minuto primo: e in questo intervallo vi sarà il consumo di 33 metri cubici e 6[10 circa di vapore.

Moorsom non dice a quale pressione sarà generato il vapore nella macchina: ma dietro i calcoli fatti dobbiamo ritenere che non sia minore di tre atmosfere e mezzo.

Un metro cubico di vapore a questa pressione pesa chilogrammi 1,818. Ad ogni minuto primo dovranno perciò convertirsi in vapore circa 61 chilogrammi d' acqua e chilogrammi 3660 all'ora.

La quantità di combustibile che si dovrà ardere per trasformare 3660 chilogrammi d'acqua (che si suppone alla temperatura di 15 gradi) in vapore alla temperatura di gradi 140,6, si avrà dalla formola

$$\frac{(550 + 140,6 - 15)\ 3660}{0,60 \times 7050}$$

chilogrammi, ammettendo che il fornello utilizzi solo 60 centesimi del calore sviluppato dal combustibile.

Eseguendo pertanto le operazioni indicate nella suesposta formola, si ha per risultato che la locomotiva proposta da Moorsom dovrebbe abbruciare 584 chilogrammi di coke puro per ogni ora di salita.

Ora è da notarsi avere noi supposto il caso più sfavorevole, quello che la macchina debba agiré costantemente sopra un' acclività del 5 per cento e a pieno vapore. Ma è difficile che in un' ora di cammino non s' incontrino tratti con minore pendenza: torna quindi presumibile potersi fare all' atto pratico notabile risparmio di vapore. Per le quali cose siamo indotti a credere che la macchina di Moorsom non esiga per il suo esercizio un eccessivo dispendio specialmente se si riguardino i grandiosi effetti ch'è destinata a produrre.

Riassumendo le cose fin qui dette, troviamo di ridurle ai seguenti punti principali:

1. Il sistema ad elice ovvia molti inconvenienti del comune ingranaggio e i più gravi.

2. Le spinte sugli assi delle rotelle possono essere sostenute e senza danno assorbite, la resistenza effettiva degli assi medesimi offrendo un ampio margine per assicurare da questo lato la stabilità del sistema.

3. La velocità di rotazione dell'elice, invero grandissima, non è maggiore di quella da cui è animata nei battelli a vapore: le condizioni per altro essendo diverse nei due casi, e non porgendo la teoria sicuri criterj per valutarne le differenze, è d' uopo consultare l' esperienza per decidere se, e di quanto convenga ridurre quella velocità.

4. Nemmeno per riguardo agli effetti dei tremiti e degli urti la scienza offre sicuri mezzi di valutarli: tuttochè v'abbiamo indizj per credere ch'essi possano rendersi meno nocevoli di quello che si teme.

5. Non riesce così difficile in pratica ottenere la perfetta e concomitante azione delle ruote motrici e dell'elice, come si rende malagevole mantenere tale armonia coll'uso continuato. Si è detto per altro che l'ingegnere Moorsom, avendo pensato di mettere un po' in ritardo l'elice a confronto delle ruote, divisò con arte di assoggettare il sistema a un lieve difetto che diminuisce coll'uso, e permette alle ruote di essere rettificate sul tornio.

6. Si ritiene che dall'adozione della locomotiva ad elice possa risultare notabile risparmio nelle spese d'esercizio e manutenzione, avuto riguardo al maggior peso utile che si può per essa trasportare ad onta di una maggior pendenza.

Per le quali cose la Giunta è unanime nel dichiarare che il sistema Grassi sviluppato dal capitano Moorsom, non solo non si oppone alle leggi della meccanica, ma si trova anzi in alcuni punti convalidato dalle medesime, e poichè esistono difficoltà sulle quali la scienza non può decidere, reputa razionale la misura di consultare l'esperienza.

I vostri commissarj si credono altresì in obbligo di soggiungere che, l'accertarsi con un esperimento in iscala naturale sull'applicabilità del nuovo metodo non può non riuscire a lode e fors'anco a molta utilità del Governo, potendo il metodo vantaggiosamente estendersi sulle grandi linee che si progettano o potranno progettarsi nel passaggio delle alte catene di montagne, onde sormontare forti pendenze con pesanti convogli.

È indubitato che col 5 per 0[0 si possono superare i gioghi più elevati, diminuendo grandemente la tortuosità delle lineè in confronto degli altri metodi, ed evitando il perforamento di *tunnell* per lunghezze sterminate.

Nel sistema Grassi vedrebbesi tolta l'inflessibilità degli antichi sistemi, la questione delle curve definita senza aumentare la resistenza prodotta dagli attriti, il problema della

continuità risolto sotto il triplice rapporto della forza, della velocità e della sicurezza di trasporto; per cui se l'esperimento parlerà in favore, si potrà dire che l'umana industria rese quasi insensibili gli ostacoli e le immense difficoltà dalla natura interposte, quasi limite alle comunicazioni dei popoli.

Non ci resta che fare un voto, quello cioè che l'esperimento possa eseguirsi sul declivo dalla Camerlata a Como, che ci sembra suscettibile di una prova concludente; potendovisi preparare a lato dell'attuale strada postale un tronco di ferrovia colla lunghezza di 1200 metri che in grazia della differenza dei due livelli computata di 60 metri, acquisterebbe la pendenza del 5 per cento.

Questo tronco, sulla base delle spese stabilite dall' ing. Moorsom, importerebbe il dispendio di 69 mila franchi circa di più del costo dell' egual tratto di ferrovia col sistema ordinario, e di altri 75 mila franchi per la locomotiva completa.

Il Governo esaudendo la supplica della Società Grassi, oltrechè far atto consono alle sue viste di favorire l'industria e il commercio, incoraggiare gl'ingegni che gli appartengono e accogliere una impresa italiana, avrebbe la soddisfazione di procacciare alla città di Como il benefizio della ferrovia condotta al margine del lago, la quale, nel caso anche più sfavorevole che la prova sconsigliasse l' adozione dell' elice, potrebbe essere utilizzata coll'impiego di cavalli: e all' Erario inoltre rimarrebbe l' uso di una potente locomotiva, che, liberata dalla vite, tornerebbe idonea agli usi ordinarj.

Se non che le segnalate prove di capacità deve dall' ing. Moorsom sul piano inclinato di Lickey, l' essere egli stato prescelto dal suo Governo a studiare e risolvere le questione delle strade ferrate nell'isola di Ceylan, l'intimo convincimento che manifesta sulla buona riuscita dell'impresa, e l'aver egli imposto alla Società Grassi la condizione assoluta di voler egli stesso presiedere e dirigere l' esecuzione di tutto quanto occorrer possa pei lavori dell'esperimento onde riescano a buon fine, sono argomenti che giustificano appieno l'impiego di un

capitale che potrebbe rendersi assai fruttifero allo stesso Governo; giacchè se l'esperimento va ad eseguirsi nella Monarchia austriaca pria che all'estero, e riuscirà fortunato, come avvi motivo di sperare; il Grassi dichiara di offrire gratuitamente il suo privilegio a vantaggio dell'Erario per tutte quelle strade ferrate sia costruite sia in corso di lavoro, che si trovano sotto l'attuale dominio, e in possesso nello Stato, strade che per la loro montuosità richiedessero l' applicazione del sistema ad elice.

Dacchè l' esperienza è l'unico fondamento allo studio della filosofia naturale, come Galileo e Bacone l'hanno proclamato, ricerchiamo nell'esperienza la convalidazione di un metodo, la soluzione di un problema che mira a far risparmiare ingenti capitali e sottrarre l' umanità da pericoli, promovendone invece i più vitali interessi.

Luigi De-Cristoforis
Carlo Possenti
D. L. Magrini, *Relatore.*

LOCOMOTIVA AD ELICE

PER

Superare le ripide salite sulle ferrovie,

INVENZIONE

DEL DOTTOR GIUSEPPE GRASSI DI MILANO.

RAPPORTO

DELL' INGEGNERE W. S. MOORSOM,

MEMBRO DELL'ISTITUTO DEGL'INGEGNERI CIVILI DELLA GRAN BRETTAGNA.

Per le trattative presso il gerente sig. Avv. A. Grancini
Via Torino, n. 57, in Milano.

PREFAZIONE.

Il sig. G. Grassi di Milano ha acquistato il brevetto per l'applicazione dell'Elice alla Locomotiva onde far superare i piani inclinati ai convogli sulle ferrovie. La Società G. Grassi, Velini e C.° formatasi a Milano per l'attivazione industriale dell'invenzione non poteva sperare che il nuovo sistema fosse adottato prima d'aver ottenuta l'approvazione de' giudici competenti in simil materia, gl' Ingegneri cioè e i Capitalisti della Gran Brettagna.

A tale scopo venne fondata una Succursale a Londra 14, Southampton Street (Strand), ove la Società ha un Agente che la rappresenta.

Fra le persone interessate nell' industria delle ferrovie,

quelle sopratutto, che eransi occupate della questione di superare i piani inclinati, affrettaronsi a venire ad esaminare il nuovo sistema. L'ingegnere civile, cap. Moorsom, membro dell'Istituzione degl'Ingegneri Civili di Londra, prese l'assunto di studiarlo e di stabilirne la pratica utilità, ed ora siamo lieti d'annunziare che il signor Moorsom, avendo terminato le operazioni di calcolo e di disegno, indirizzò alla Società un dettagliato Rapporto, che qui si unisce con una sua lettera d'invio.

L'ing. Moorsom fra tutti coloro che studiarono il sistema Grassi doveva mostrarsi il giudice più severo, perocchè era da lui stato inventato e fatto adottare, malgrado forte opposizione, un sistema d'ascensione applicato fino dal 1840 al piano inclinato di Lickey (linea di Birmingham a Gloucester). L'approvazione del ritrovato del sig. Grassi per parte di un sì distinto ingegno sembraci un'implicita ricognizione della superiorità di esso su tutti gli altri ritrovati.

Noi non ci permetteremo riflessi di sorta intorno al rapporto dell'ing. Moorsom; ci sia però concesso soltanto di far osservare, che mentre l'ing. Moorsom adottava la teoria del Grassi seppe nel tempo stesso immedesimarsela, per così dire, dandole gli sviluppi suggeritigli dalla di lui pratica capacità.

In simile materia l'ing. Moorsom viene con ragione considerato come uomo di tutta autorità. La recente scelta del Governo Inglese che gli affidò la difficile ed importante missione di tracciare una rete completa di ferrovie nell'Isola di Ceylan prova in quale alta stima tengansi i suoi talenti e la di lui esperienza in Inghilterra.

Dal summentovato Rapporto è dato dedurre il risparmio immenso che sarà per risultare dall'adozione della Macchina locomotrice ad Elice. Il confronto fra il costo di una ferrovia che valichi le Alpi od i Pirenei (giusta il sistema Grassi) e gli estimi dei progetti più economici, mediante *tunnels*, ecc., offre un'immensa differenza. Un solo esempio basterà per convincere i lettori. Il *Tunnel* progettato pel Moncenisio sulla linea di Lione a Torino costerebbe oltre a 100 mi-

lioni di franchi (*), quantunque fosse per avere un pendio di oltre a 2 e 1[8 per cento. Col sistema Grassi all'incontro si valicherebbe facilmente il Moncenisio su questa stessa linea mediante una spesa totale al *maximum* di tre o quattro milioni di franchi oltre le spese ordinarie della ferrovia, e ciò ammettendo uno sviluppo della strada triplice di quella del *tunnel*. Se avessimo preso ad esempio i progetti dello *Spluga*, del *Sempione*, del *Luchmanier*, ecc., la differenza sarebbe anco maggiore. Del resto chiunque si occupa di tale questione può instituire il paragone per la linea a cui egli s'interessa, e forza gli sarà il constatare, come il vantaggio economico presentato dal sistema Grassi sia tale da ridurre la spesa ad un quarto e spesso anche fino ad un decimo degli estimi attuali.

I Sigg. Direttori ed Azionisti, i quali fossero per desiderare ragguagli dettagliati sono pregati d'indirizzarsi:

A Milano, presso il gerente della Società Sig. Avv. Abele Grancini, Via Torino n. 57.

I patti che la Società è disposta ad offrire sono tanto ragionevoli ch'eglino non potranno che essere soddisfattissimi d'entrare in rapporto d'affari con essa.

(*) Vedi *American Railroad Register*.

AI SIG.ri G. GRASSI, VELINI e C.o

20 Gennajo 1857.

Signori,

Voi avete desiderato sapere se nella mia opinione il vostro sistema ad Elice possa essere applicato alla Locomotiva di tal maniera da tirare con facilità un convoglio su di un piano inclinato del cinque per cento ad una moderata velocità: io ho studiato il vostro sistema sul modello che m'avete presentato e vi ho manifestata la mia opinione che la vostra Elice può essere positivamente applicata nelle suaccennate condizioni.

Avete in seguito desiderato conoscere dettagliatamente con qual metodo applicherei la vostra invenzione; e siccome m'avete assicurato, che nessun'altra persona fuor di me sarà da voi impiegata nell'attuazione della vostra invenzione, io mi faccio a svilupparvi il mio metodo d'applicazione.

Propongo di costruire una locomotiva con cilindri esteriori di 18 pollici di diametro, con pistone del corso di 24 pollici, con ruota motrice di 4 piedi di diametro e con caldaja bastantemente capace a fornire il necessario vapore (ad espansione) onde correre sul piano inclinato con una velocità non minore di 12 miglia Inglesi l'ora trascinando un carico non minore di 100 tonnellate, comprendendo in questo il peso della Locomotiva e tender relativo, che peseranno circa 28 tonnellate.

Locomotiva e tender formano un sol corpo, essendo quest'ultimo congegnato nella locomotiva stessa.

Sull'asse delle ruote motrici della Locomotiva sarà fissata una ruota conica di maniera, ch'ella abbia a trasmettere il movimento di rotazione, col mezzo di due rocchetti, alla ruota dentata posta a capo del cilindro dell'Elice.

La ruota motrice e l'Elice fanno le loro evoluzioni di perfetto accordo l'una coll'altra, di maniera che l'Elice avanzerà esattamente nella stessa misura che avanzano le ruote motrici, od in altre parole ogni evoluzione della ruota motrice manda avanti l'Elice di 12 piedi e 7 pollici all'incirca. Di tal maniera l'Elice compierà 12 giri per ogni giro

della ruota motrice. Io credo che su di una superficie piana potremmo ottenere 13,000 evoluzioni della ruota motrice nello spazio di un'ora, e che quando applichiamo la stessa forza motrice all'Elice sul piano inclinato del 5 per cento, la forza del vapore vincerà la resistenza addizionale causata dalla gravità e dall'attrito delle ruotelle sulla strada, ad una velocità non minore da un terzo alla metà di quella ottenuta su di una superficie piana collo stesso carico.

Abbiamo ora da considerare l'Elice nelle sue relazioni colla strada.

Propongo che il filo dell'Elice sia di un diametro di 13 pollici, il quale si avvolga intorno ad un cilindro del diametro di 7 pollici con un passo di 12 pollici e mezzo. Il cilindro dell'Elice sarà di una lunghezza di circa 5 piedi e 4 pollici, ed abbraccierà nel medesimo tempo colla sua spira due delle ruotelle.

Le ruotelle saranno poste ad una distanza di 3 piedi e 2 pollici l'una dall'altra; saranno del diametro di circa 8 1[2 pollici e si aggireranno sopra assi fissati in dormienti di legno (balks) longitudinali, e si userà per ingrassarle il modo ordinario usato per le ruote delle carrozze.

Questi dormienti sui quali sono fissate le ruotelle saranno disposti in una sola linea larga all'incirca 10 pollici per 8 di spessore; abbisogneranno di tal maniera per ciascun miglio 2933 piedi cubici di legno, e 1668 ruotelle.

Le guide di ferro saranno della specie di quelle conosciute sotto il nome di *Bridge-rails* del peso di 65 lb. la yarda, e fissate su dormienti di legno di 10 per 8 pollici almeno. Non sarà necessario di costruire questa particolar specie di strada che sul piano inclinato, quantunque non sia questo un modo inusitato di costruzione delle strade ferrate ordinarie.

Le spese possono essere stabilite come segue:

Il costo delle ruotelle o puleggie coi relativi assi per un miglio di un sol binario di guide o N. 1668 ruotelle sarà di	L. 3336
Il costo del legno addizionale o N. 3989 piedi cubici di legno ad uno scellino e 6 pence sarà di	» 299
Il costo dell'adattamento e messa in opera di siffatti legni a 9 pence per yarda sarà di	» 66
O tolale costo per un miglio . . .	L. 3701

Il costo della Locomotiva completa consegnata nelle offi-

cine d'Inghilterra con rispettivo Tender ed Elice, ed attrezzi d'ingranaggio sarà di L. 3000.

Il modo peculiare di costruzione della ferrovia non determinerà spese addizionali a quelle che sono necessarie per i cammini di ferro ordinarj. Di tal maniera possiamo asserire che in Inghilterra il costo totale di un miglio di strada ferrata specialmente costruita per l' applicazione di questo sistema sarà di L. 3700 di più del costo dell' egual tratto di ferrovia col sistema ordinario. Il prezzo della Locomotiva sarà maggiore di 500 lire sterline del prezzo delle Locomotive ordinarie per i piani inclinati chiamate Bank-Engines.

Il risultato sarebbe questo:

Una siffatta Locomotiva (Bank-Engine) costruita e messa in azione, come si usa sui piani inclinati delle migliori ferrovie d' Europa, trascinerebbe un peso di 50 tonnellate su di un piano inclinato del 5 per cento, nel mentre che la Locomotiva ad Elice costruita nel modo di sopra descritto trascinerebbe sul medesimo piano inclinato un peso di circa 80 tonnellate, ed è fuori d'ogni dubbiezza che una Locomotiva di maggior forza ne trascinerebbe uno molto maggiore.

Il disegno della Locomotiva e della strada che accompagna il presente rapporto, mostra il modo dettagliato d'applicazione del sistema, ma l'adattamento esatto del medesimo nella ferrovia dipenderà dall'abilità e dalle risorse dell'Ingegnere incaricato ad attuarlo.

Desidererete forse conoscere se nell'applicare questo sistema s'incontreranno speciali difficoltà. Senza dubbio ve ne sono. La perfetta e concomitante azione delle ruote motrici e dell'Elice — l'attrito delle ruotelle — la economica manutenzione della Locomotiva e della strada, sono le principali difficoltà intorno al modo di superare le quali, diverse opinioni prevaleranno finchè il sistema non abbia ottenuto la sua pratica applicazione. È mia opinione che queste difficoltà sono di tal natura da essere con pieno successo sormontate dall' abilità ed economiche cure di un ingegnere domestico colla costruzione delle ferrovie sui piani inclinati, e che non porta il pregio di discutere un tale argomento se non con i pochi uomini che sono in siffatte speciali operazioni competenti.

Aggradite, Signori, i sensi della più perfetta considerazione,

W. S. Moorsom.

Chf. Eng.

17, Great George Street, Westminster.

AI SIG.ʳⁱ G. GRASSI, VELINI e C.ⁱ

2 Febbrajo 1857.

Signori!

Avendo avuto l' onore di comunicarvi il mio rapporto intorno alla vostra invenzione patentata della vite d'Archimede, dal quale risulta ch'ella può essere vantaggiosamente applicata ai piani inclinati delle ferrovie, ora vi consiglierei di proporla a quelle Compagnie di Strade-Ferrate già formate o in corso di formazione, le cui linee hanno ripide ascese a sormontare.

Così fra la Francia e la Spagna v' è una considerevole estensione di terreno, sul quale, colla ben adatta applicazione del vostro sistema, verrebbe risparmiata una ragguardevole quantità di denaro.

Il piano inclinato dei Giovi tra Genova e Torino potrebbe con molta probabilità offrire una riduzione vantaggiosa del sessanta per cento alla spesa derivante dal sistema ora in attività, sostituendovi la vostra Elice.

Cosi pure il piano inclinato del Semmering (rispetto al sistema del quale io predissi alcuni anni fa al sig. Rothschild, in una lettera della quale voi avete copia, che il risultato avrebbe deluse le sue speranze) potrebbe offrire molti maggiori vantaggi adottando il vostro sistema.

Accogliete, Signori, i sensi della più perfetta considerazione,

W. S. Moorsom.

Chf. Eng.,

17, Great George Street, Westminster.

SPIEGAZIONE DEL DISEGNO.

A. — Cilindro esteriore, diametro 18 pollici (1), corsa dello stantuffo 24 pollici.

B. — Ruota motrice, diametro 4 piedi.

C. — Caldaja.

D. — Asse delle ruote motrici.

E. — Ruota conica fissata sull'asse delle ruote motrici.

F. — Rocchetto che ingrana nella ruota E.

G. — Ruota dentata a corona sull'asse del rocchetto F.

H. — Rocchetto sull'asse dell'elice, mosso dalla ruota G.

I. — Cilindro o nocciolo dell' elice, lungo 5 piedi e 4 pollici, con un diametro di 7 pollici, ed un filo di 13 pollici con un passo di 12 pollici e mezzo.

K. — Ruotelle o puleggie.

L. — Assi o fusi delle ruotelle.

M. — Dormienti longitudinali di legno che portano le ruotelle.

N. — Guide di ferro senza cuscinetti.

O. — Dormienti di legno che sostengono le guide di ferro.

P. — Stantuffo del cilindro a vapore.

Q. — Cuscinetto elastico.

(1) Queste cifre si riferiscono alle misure inglesi, Il piede inglese (12 pollici) equi ale a metri 0,305.



L
N
Ronchi

SUR LA

MÉTHODE PROPOSÉE

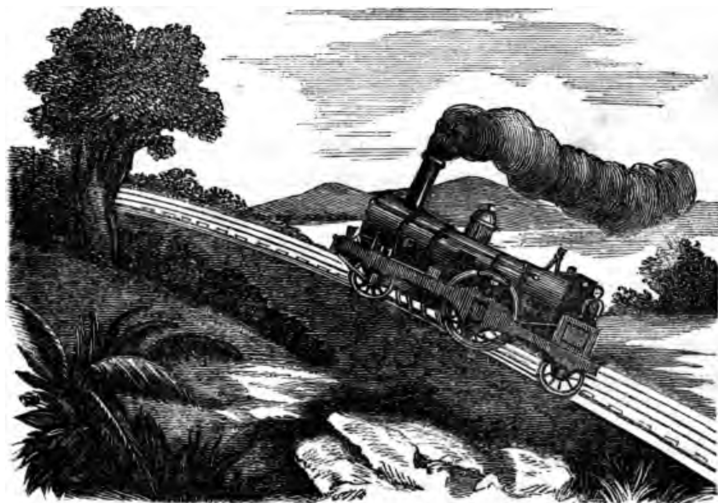
PAR LE DOCTEUR

JOSEPH GRASSI

POUR GRAVIR LES FORTES RAMPES

A L'AIDE

DE LA LOCOMOTIVE A HÉLICE



MILAN

IMPRIMERIE REDAELLI DES FRÈRES RECHIEDEI

1868

Rapport fait à l'Institut I. et R. Lombard des Sciences, lettres et arts, par la Commission Académique composée des Membres De Cristoforis, Possenti, et Magrini rapporteur, lu et approvê dans la Séance du 9 juillet 1857.

Le Docteur Joseph Grassi, de Milan, ayant eu l'idée d'appliquer l'*hélice* aux locomotives, pour faire gravir les rampes aux convois sur les chemins de fer communiqua son système à des ingénieurs de Paris, et à Mr. Wild de Londres, qui trouvèrent l'idée excellente, et engagèrent Mr. Grassi à en réaliser l'application. Ce fut Mr. Wild qui chargea le constructeur anglais Lewis, de faire le modèle que nous avons vu ici à l'Exposition, à l'occasion de la visite de Sa Majesté.

Loué outre mesure par les uns, critiqué viollemment par les autres, Grassi réussit à constituer une Société de promoteurs de l'entreprise, laquelle après les premières démarches en Angleterre, se mit en relation avec le Capitaine Moorsom, Membre de la Société des Ingénieurs Civils de Londres, inventeur du Système de Locomotion appliqué depuis 1840, sur le plan incliné de Lickey (ligne de Birmin-

gham à Gloucester) à qui le Gouvernement anglais venait de confier la mission d'aller étudier sur les lieux la question des chemins de fer de l'île de Ceylan, et de proposer un tracé. L'ingénieur Moorsom, dont le nom fait autorité en la matière, consentit à étudier le système Grassi, et à en établir l'utilité pratique.

Dans son rapport du vingt Janvier dernier, Mr. Moorsom déclare être convaincu du succès de la nouvelle méthode; ce qui a décidé Messieurs Grassi, Velini, et Cie., à prendre le brevet pour l'Empire Autrichien, pour les principaux États de l'Europe, et à rejecter des offres, insuffisantes au point de vue pécuniaire, faites par quelques Compagnies à Londres.

D'accord avec ses Associés, Grassi adressa ensuite une supplique à S. E. le Lieutenant de Lombardie, pour lui demander de vouloir bien employer sa haute influence près de notre auguste Empereur, pour lui faire obtenir l'allocation des fonds nécessaires à une expérience sur l'échelle naturelle, afin de prouver l'applicabilité industrielle du système à hélice.

S. E. I. R. le Lieutenant envoya le projet à l'Institut pour avoir son avis, et le Corps Académique confia l'honorable mission aux commissaires soussignés, lesquels viennent aujourd'hui, Messieurs, vous soumettre par l'organe de leur rapporteur, le résultat de leurs travaux.

Le grand écueil de la locomotion par la vapeur se trouve dans la nécessité d'unir les lignes centrales des voies ferrées par dessus les montagnes; et, comme la force exigée pour la traction d'un poids donné sur une rampe croît rapidement en raison de l'inclination de la pente, l'attention se porta tout d'abord sur les moyens d'obtenir des machines de grande puissance.

Mais la force seule ne servirait à rien, si les roues motrices de la locomotive ne trouvaient pas un appui suffisant pour faire avancer le convoi; une forte adhérence est donc la seconde condition indispensable pour gravir les rampes.

On commença par l'usage des puissantes machines à va-

peur. Pour cela, on agrandit les foyers, on augmenta la surface exposée à l'action du feu activé par de plus forts courants d'air, on augmenta le diamètre des cylindres. Il en résulte pour la quantité et la tension de la vapeur une progression croissante à laquelle il serait difficile d'assigner une limite.

On réussit par ces moyens, à gravir les rampes de 3 pour cent., jusqu'alors réputées infranchisables. Mais ce système exige des machines d'un poids énorme pour accroître l'adhérence, et il était évident que la pente devenant plus raide (cequi diminuait la puissance de traction de la machine), le poids de la locomotive devait s'accroître d'autant plus, et la charge transportable diminuer.

Le Conseiller Engerth communiqua une grande adhérence aux locomotives, qui gravissent le Sommering en plaçant les réservoirs de l'eau sur les roues morices. Une locomotive pouvait ainsi trainer plus de deux cents tonnes sur une pente de 2 1[2 pour cent, mais sur des rails secs.

Quand les rails sont mouillés le co-efficient de frottement descend à moins du dixième, et l'adhérence de la locomotive permet à peine de trainer sur cette pente 130 tonnes. Mr. Engerth voulut parer à cet inconvénient par l'adoption d'un moyen employé déjà ailleurs, qui consiste à accoupler les roues postérieures de la locomotive à celles du tender à l'aide d'engrenages: mais il fallut y renoncer, car les engrenages étant établis sur deux chassis qui ne constituaient pas un système rigide et solidaire, ne resistaient pas aux chocs, et se brisaient à chaque instant.

Il suit de là que les meilleurs moyens d'accroître la puissance des machines donnent seulement la solution d'une partie du problème; quant à l'autre partie, qui consiste dans les moyens d'accroître l'adhérence, le problème; n'aurait pas reçu de solution satisfaisante.

A Saint Étienne, et dans plusieurs localités de l'Angleterre, de la Belgique, de l'Allemagne, on a établi des machines fixes, qui font gravir le plans inclinés aux convois à l'aide d'une sorte de treuil, sur lequel s'enroule un cable

attaché par un de ses bouts au convoi, et supporté le long de la voie sur des poulies.

A Saint Germain, on eut recours à la pression atmosphérique, en appliquant l'idée suggérée d'abord par Medhurst, puis par Pinkus, perfectionnée par Clegg et Samuda.

Mais la pratique a prononcé sur l'efficacité de tous ces moyens, et il est probable que l'emploi en sera très restreint.

On eut recours alors aux moteurs que la nature offre gratuitement les plans auto-moteurs appartiennent à cette catégorie; mais l'obbligation d'une double voie, la difficulté de remplir les conditions d'une contrepoids exact; l'idée des désastres qu'amènerait une vitesse sans controle possible, resultante de l'excès du contrepoids ou de la rupture du cable, toutes ces considérations suffisent pour en faire rejeter l'emploi.

Nous n'avons pas à discuter le mérite des diverses propositions faites en ces derniers temps par Messieurs Benati et Gastaldoni, (par des flotteurs), — Messieurs de Cristoforis, de Lorenzi et Agudio (les roues à aubes), — Mr. Girard (sur le principe de la turbine), — par Messieurs Shuttleworth, (pression hydraulique), par Messieurs Piatti, Grandis, Grattoni et Sommelier (à l'aide de l'air comprimé), tous ces systèmes ont pour but d'utiliser la force motrice gratuite de l'eau (que l'on trouve ordinairement en abondance la où sont aussi les fortes rampes); mais bien qu'en quelques cas spéciaux on puisse les employer avec avantage, ils ne satisfont pas aux conditions generales du problème.

Du rapide aperçu qui précede on peut conclure que les méthodes le plus généralement adoptées, sont au nombre de deux; celle des locomotives puissantes et lourdes, celle de machines fixes, armées d'un cable. La primière présente forcément les inconvénients très graves de transporter un très petit poids, tout en augmentant outre mesure les frais d'exploitation, de détériores promptement le voie, quelque soin qui l'on prenne d'en garantir la solidité. La seconde ne permet pas une locomotion continuelle, oblige à des

arrêts à chaque changement d'un plan incliné à celui que le suit, elle expose le convoi au danger terrible d'une chûte (malgré les freins dont il peut être muni) si le cable se rompt quand le convoi gravit une forte pente: elle exige des frais énormes pour l'installation et la manutention des mécanismes qu'il faut avoir en double, si l'on veut éviter les fréquentes interruptions, de tout ceci on peut conclure que le problème difficile de gravir les fortes rampes laisse encore beaucoup à désirer.

Il parait qu'en 1846, un Sieur Busse, employé supérieur du chemin de fer de Dresde à Leipzig, aurait songé à l'hélice pour réaliser les conditions d'adhérence exigées par le problème: nous croyons devoir citer un passage du Dictionnaire Encyclopédique, où l'ingénieur architecte Gaetano Brey parle de l'idée de Mr. Busse (article, Chemins de fer): —

« Il (Busse) imagine pour gravir les plans inclinés de toute sorte un système de locomotion basé sur le principe de l'hélice, qui est appliquée à un wagon, et s'engrène aux dents horizontales et cylindriques d'un rail en fonte, placé au milieu de la voie, et mise en mouvement par une force motrice qui se trouve sur la machine. Le cylindre à hélice parcourt à chaque révolation, une distance égale à l'ascension de chaque tour de la vis. »

Sans nous arrêter à faire remarquer que le système imaginé par Busse, aurait pu être annoncé d'une manière plus claire et plus précise, nous nous bornerons à dire que, malgré les recherches les plus minutieuses, nous n'avons pu découvrir aucune trace postérieure de la méthode Busse. Ce qui légitime la conclusion que l'hélice appliquée de la manière plus haut indiquée, n'a pas été adopté par la pratique, peut-être par suite de l'introduction de l'engrenage commun, dont Mr. Busse parait n'avoir pas cru pouvoir se dispenser.

Le principal mérite de Mr. Grassi consisterait précisement dans l'idée plus heureuse de substituer à une crémaillère des roues très mobiles, solidement fixées à une notable distance l'une de l'autre. Voyons comment l'ingénieur Moorsom en a dévelopé les moyens d'application.

A milieu de la voie est établie une rangée de longrines de 25 centimètres de largeur sur environ, 20 centimètres d'épaisseur. Le long de cette ligne, et à une distance de 106 centimètres l'un de l'autre (de centre à centre), se placent les rouleaux de 21 centimètres de diamètre, et d'environ 7 centimètres de hauteur. Ils sont mobiles autour d'axes ou pivôts, fixés solidement sur les dormants. Les pivôts ont 6 centimètres de diamètre, et la longueur suffisante pour se fixer à écrou sous le dormant, et le dépasser en haut d'une longueur égale à celle du rouleau.

Les rails sont posés sur des longrimes à l'Américaine, c'est à dire, parallèlement à l'axe de la voie. Elles sont jointes entr'elles, et aux dormants des rouleaux par des contreforts transversaux, qui à chaque mètre environ joignent par des boulons les trois rangées en un seul système.

Sous la chaudière de la machine à vapeur sont les coussinets qui supportent le cylindre ou noyau de l'hélice, il a environ 162 centimètres de longueur, et un diamètre de près de 18 centimètres.

Autour du cylindre court le filet de l'hélice, incliné sur l'axe à un angle d'environ 18 degrés, l'épaisseur du filet est de cinq centimètres; il est donc en relief sur le cylindre d'environ sept centimètres et demi, hauteur égale à celle des rouleaux.

Le pas des vis (distance d'un filet au suivant) d'axe à axe est de 31 centimètres et demi; l'hélice, qui compte cinq pas de vis, fera donc en cinq tours, ou cinq révolutions complètes, une avance d'environ 158 centimètres.

Or, puisque la distance entre deux rouleaux successifs est de 106 centimètres, et par conséquent l'intervalle compris entre trois rouleaux de 212 centimètres, il est évident que l'hélice est en prise avec un seul rouleau pour un espace de 54 centimètres et demi. Voyons maintenant comment le mouvement de rotation est communiqué a l'hélice.

Avec l'axe des roues motrices de la locomotive fait corps une roue conique, d'environ 82 centimètres de diamètre, armée de 54 dents qui s'engrènent aux 18 dents d'un pi-

gnon, placé à angle et fortement uni à l'extrémité d'un arbre d'un diamètre de 11 centimètres, lequel à la hauteur d'environ 47 centimètres de l'hélice (d'axe en axe) peut tourner parallèlement à l'hélice. Le dit arbre se fixe par son autre extrémité au centre d'une roue, dont le diamètre est de 72 centimètres, armée de 48 dents qui s'engrènent aux douze dents d'un autre pignon placé au bout de l'hélice elle-même.

La roue conique ayant trois fois plus de dents que le pignon qui s'unit à elle à angle, il suit que celui-ci fera trois tours pendant que la roue conique en fera un: de même, le rapport entre le nombre des dents de la seconde roue et celui des dents du second pignon étant comme 4 à 1, le pignon fait quatre révolutions pendant que la roue en accomplit une. Il suit évidemment que le dernier pignon, et avec lui l'hélice, feront douze révolutions dans le temps que la roue conique, et par suite la roue motrice, emploieront à en accomplir une seule.

Or, comme Moorsom donne à la roue motrice de la locomotive qu'il se propose de construire, un diamètre de 122 centimètres: pour chaque révolution de la roue motrice, l'hélice, et par conséquent la locomotive, parcourront en avant environ 382 centimètres.

L'ingénieur anglais propose de construire pour l'application du système Grassi, une machine à cylindres extérieurs de 46 centimètres de diamètre, avec une course de piston de 61 centimètres; la chaudière sera de capacité suffisante pour donner la vapeur à détente nécessaire à une vitesse minimum de 19 kilomètres à l'heure, sur un plan incliné de 5 pour cent, avec une charges de cent tonnes, y compris le poids de la locomotive et du tender, unis sur le même chassis, en tout, selon les calcus de Moorsom, du poids d'environ 28 tonnes.

Pour atteindre cette vitesse, la roue motrice devrait faire 4974 révolutions à l'heure, ou 82 tours et 9[10 par minute, un tour et un peu plus d'un tiers par seconde; par conséquent l'hélice accomplira seize révolutions et demie par seconde.

Tel est, honorables collègues, l'ensemble des moyens que l'ingénieur Moorsom, réalisant l'idée de Mr. Grassi, propose pour l'application de l'hélice à la locomotive.

Nous allons exposer les principales difficultés d'application qui se sont présentées à votre Commission.

1. — Le système à hélice, est-il sujet aux inconvénients qui ont fait rejeter les engrenages ordinaires, qui furent dès l'abord soumis à l'experience?

2. — L'hélice ne pouvant à cause de l'obliquité du filet agir parallèlement à son axe, c'est-à-dire, ne pouvant se mettre en prise avec les rouleaux, en direction orthogonale à la ligne que parcourt la locomotive, mais bien de côté par rapport à cette dernière, doit exercer un effort latéral, et peut produire des déplacements pernicieux.

3. — L'effrayante vitesse de rotation de l'hélice (vitesse indispensable) amenée par les rapports de l'engrenage rend les résistances énormes, occasionne des secousses et des chocs qui obligeront peut-être à des réparations trop fréquentes.

4. — La disposition des divers organes pour créer, recevoir, et transmettre le mouvement, exige une parfaite harmonie d'action. Si par suite de manque de précision dans la construction, ou de l'usure survenue, l'hélice fait avancer le convoi plus ou moins que les roues motrices, il y aura inévitablement des frottements, des oppositions des réactions entre les organes eux-mêmes, ce qui outre la consommation inutile de la force, entrainerait des pertes considérables.

5. — Les frais d'entretien de la puissante locomotive Moorsom, et de manutention du système Grassi tout entier, peuvent-ils s'élever si haut qu'on doive en rejeter l'adoption?

La première difficulté ne nous parait pas sérieuse. La disposition des rouleaux à plus d'un mètre de distance l'un de l'autre, est un perfectionnement notable eu égard à la crémaillère, qui aurait un nombre au moins décuple de dents pour le même espace. Les dents sont des reliefs isolés de peu de consistance, les rouleaux avec leurs pivôts fixés dans les dormants de bois sont très forts. Les dents faisant

corps avec la crémaillère, c'est-à-dire, étant immobiles, opposent un puissant frottement, et à cause de leur rigidité doivent amener de fréquentes ruptures. Les rouleaux au contraire, se mouvant autour de leur axe, offrent un frottement bien moindre et sont plus aptes à supporter l'effort. Lubréfier la crémaillère est une opération très longue, et assez malaisée pour ne pas dire impossible, tandis qu'elle est facile et rapide pour les rouleaux.

Par ces motifs, la commission n'admet pas que le système Grassi soit sujet aux inconvénients attachés aux engrenages ordinaires; et, de plus, elle pense qu'il supprime les plus graves.

La seconde difficulté nous a amenés à rechercher les éléments d'évaluation de la résistance que peuvent offrir les rouleaux, et à voir s'ils absorbent les chocs sans altérer la stabilité du système.

Il faut d'abord dans le but de déterminer les efforts auxquels les axes ou pivôts des rouleaux doivent résister, il faut, disons-nous, faire remarquer qu'un plan incliné de cinq pour cent, forme avec la base un angle d'environ 2 degrés 52 minutes, dont le sinus équivaut à 0,05, vingtième partie du rayon, il s'ensuit que les 19[20 du poids total du convoi sont soutenus par le plan lui-même. Le pivôt d'un rouleau ne devrait donc soutenir que la traction d'un vingtième du poids total, c'est-à-dire, 5 mille kilogrammes.

Il est bon de remarquer ici, que le point d'application de la dite force ne tombant pas sur l'axe de la voie, mais sur la circonférence du rouleau à la distance d'environ 18 degrés de cet axe, il se produit une décomposition de cette force en deux autres forces, l'une tangentielle, qui n'agit pas sur le pivôt mais tend à faire tourner le rouleau, l'autre dirigée vers son centre qui exprime exactement l'effort réel exercé sur ce pivôt. Or, d'après les données de la mécanique, l'effort se trouve réduit à 4740 kilogrammes, la pression primitive devant être multipliée par (0,948) cosinus de l'angle.

A quoi il faut ajouter qu'une partie de cette force, est vaincue par la locomotive elle-même.

A dire le vrai, Moorsom se propose de construire une machine semblable à celles que l'on emploie sur les meilleures voies ferrées d'Europe, une bank engine comme on les appelle, pareille à celle qu'il appliqua il y a seize ans déjà à Lickey, sur une pente de près de trois pour cent. L'ingénieur anglais affirme qu'une de ces locomotives, aidée de l'accroissement d'adhérence causée par l'hélice pourrait traîner un convoi de 50 tonnes sur une rampe de 5 pour cent., et avec l'addition de la vapeur employée à mouvoir l'hélice elle traînerait 80 tonnes environ, de sorte que l'hélice aiderait seulement la locomotive à soutenir 3[8 du poids total, d'où il suit que le poids calculé plus haut 4740 kilogrammes serait traîné, 2962,5 kilogrammes par la locomotive, et les 1777,7 kilogrammes restant par l'hélice.

Dans le cas qui nous occupe, il faut tenir compte non de la résistance absolue, mais bien de la résistance relative que le cylindre en fer, pivôt du rouleau, offre à la rupture.

On a vu que la longueur du cylindre destiné à supporter l'effort est de 70 millimètres, et que le rayon de la base en a trente. Le cylindre est fixé à l'une des extrémités, et la force qui tendrait à le rompre se distribue sur toute la longueur, à travers le rouleau et la hauteur de l'hélice.

Nous pourrons donc supposer que le pivôt tend à se briser sous l'action d'une force de 1777,5 kilogrammes, appliquée à la moitié de sa longueur en direction perpendiculaire au pivôt lui-même, c'est-à-dire, parallèlement à la section qui peut se rompre.

Or, la mécanique nous apprend que la resistance opposée par le pivôt à cette force, est exprimée par la formule

$\frac{K \pi R^3}{L}$ où K représente le co-éfficient de la résistance, π le rapport connu de la circonférence au diamètre, R le rayon de la base, L la longueur du cylindre.

Introduisant dans la formule les données numériques et

adoptant pour le fer le co-efficient (1,750,000) assigné par Poncelet, déjà réduit au septième de sa valeur eu égard aux circonstances qui peuvent faire varier de beaucoup la résistance, nous obtenons pour résultat 4241 kilogrammes, c'est-à-dire, une résistance bien supérieure à l'effort de traction calculé à 1777,5 kilogrammes.

Et la solidité des rouleaux paraîtra encore plus en excès si l'on considère que la résistance indiquée plus haut de 4241 kilogrammes, est celle que donneraient les constructeurs dans le cas d'une action permanente. Pour résister à des efforts de courte durée et intermittents on se contente, dans la pratique, d'une force de résistance trois ou quatre fois moindre que celle qui est exigée pour une action continue.

Or, chacun avouera que l'effort supporté par les rouleaux de Grassi, ne dure qu'un instant, puisqu'avec la vitesse que Moorsom imprime à l'hélice, elle n'est en prise avec chaque rouleau que durant 3[10 de seconde environ.

Il est donc démontré que les efforts sur les pivôts des rouleaux peuvent être soutenus et absorbés sans rupture.

A moins qu'on ne suppose que les appuis des rails et les dormants des rouleaux étant étroitement liés entr'eux et ne formant qu'un ensemble les efforts latéraux pourraient avec le temps déplacer tout le système.

Pour diminuer, si non détruire entièrement les effets de ces pressions latérales on pourrait peut-être se servir avec avantage du moyen employé dans les courbes, qui consiste à exhausser de quelques millimètres le rebord (dans le cas présent) de la voie de droite, en admettant qu'il y ait une double voie. Et si le terrain était savonneux, glissant, et qu'il y eût des indices de déplacement, on pourrait le prévenir, en protégeant les côtés extérieurs de la voie au moyen de poteaux à distances déterminées fixés dans le sol.

Si la seconde difficulté cède à tout ce que nous avons dit plus haut, il n'en est pas de même pour la troisième.

Les conditions exigées par le système Moorsom devant être remplies, l'hélice aura à faire seize révolutions par seconde. En vérité une pareille vitesse a de quoi surprendre, mais elle n'est pas sans exemple.

Les hélices des bâteaux à vapeur font environ mille tours par minute: il ne semble pas que la résistance du frottement sur leurs axes doive y être moindre que pour l'hélice Grassi; car, celle du liquide qui fait fonction d'écrou est très-grande et embrasse simultanément toutes les spires de la vis. Les deux cas cependant sont bien dissemblables et la théorie ne nous offrant pas des données suffisantes pour en apprécier la différence, c'est à l'expérience à prononcer.

Nous ne trouvons pas non plus dans la théorie des lois précises sur les secousses et les chocs dont il a été parlé.

Les calculs faits pour les résistances à la traction ne s'appliquent pas à la mesure de la force des chocs. Pour ces derniers il faut, en évaluant la quantité de mouvement, ne pas perdre de vue que le convoi ne formant pas un système rigide, la masse qui produit le choc ne saurait être celle de tout le convoi, mais seulement d'une partie: la quantité de mouvement de cette seule partie pourrait néanmoins dépasser de beaucoup la force de résistance des pivôts des rouleaux.

Il est douteux, d'autre part, que le choc se produisant dans ces espaces infiniment petits où l'on suppose le contact supprimé, il est douteux que toute la quantité de mouvement puisse s'y faire sentir.

Les faits ont appris que la communication du mouvement ne s'effectue pas instantanément; de plus, tout le monde connait la propriété des corps flexibles d'adoucir les mouvements en les divisant et les subdivisant au moment même où ils les reçoivent.

Par le premier fait le rouleau ne pourrait supporter qu'une petite portion de la force dont la plus grande part serait employée à la faire tourner; par le second, la portion minime de mouvement communiquée au pivôt serait absorbée par les fibres ligneuses et ainsi ne saurait nuire.

La construction particulière de la voie, unie aux dormants de la rangée médiane contribuerait puissamment à ce résultat. Les trois lignes de travées ainsi solidaires, seraient, en vertu de l'élasticité qu'elles possèdent à un certain degré, très propres à supporter et à adoucir les chocs puissants, qui se subdiviseraient entre les nombreuses fibres du bois.

Mais de pareils aperçus ne suffisent par pour justifier un jugement sûr, et il faudra consulter l'expérience; si, contre toute probabilité, il arrivait que des chocs de ce genre brisassent les pivôts, le mécanicien pourrait, dans une certaine limite, prévenir ces accidents en augmentant le diamètre des pivôts vû que leur résistance croît en raison du cube de leur diamètre.

La commission déclare en outre qu'elle ne saurait se prononcer sur les effets que pourraient produire ces chocs sur les différentes parties de la locomotive, et spécialement sur les roues dentées et leurs pignons, qui servent d'organes de transmission, ni sur les conséquences qui résulteraient d'une exécution plus ou moins imparfaite de ces mêmes organes, ou des altérations produites par l'usure.

Quant à l'obligation d'obtenir une action parfaite et simultanée des roues motrices et de l'hélice, la commission pense que la difficulté peut être vaincue par l'habileté et les soins de l'ingénieur Moorsom familiarisé déjà avec de pareilles constructions.

Bien plus, on pourrait dire que cette opération n'est pas des plus difficiles, car, un simple mécanicien, dépourvu des ressources que trouverait l'ingénieur anglais dans son habileté hors ligne, un mécanicien, disons-nous, pour assigner avec certitude aux deux agents de mouvement mentionnés, les dimensions nécessaires pour obtenir le rapport exact de vitesse exigé par les engranages, songerait peut-être à exclure d'abord ces mêmes engrenages, et ferait exécuter douze révolutions à l'hélice: connaissant ainsi expérimentalement la quantité de chemin parcouru par la machine, il verrait si elle correspond exactement à une révolution complète de la roue motrice, et au développement de sa circonférence.

Pour maintenir un rapport exact de vitesse entre ces deux organes, Moorsom jugea avec raison que la surface du cercle des roues motrices devait être cylindrique et non avoir la forme d'un tronc de cône; le but pour lequel cette forme est indispensable, ne pourrait en effet être atteint également, si on la restreignait aux quatre roues d'angle.

Cette parfaite simultanéité d'action étant supposée obtenue, pourra-t-elle se continuer longtemps? A peine le cercle des roues commencera-t-il à s'user, que cette harmonie entre les parties n'existera plus; alors se produiront les frottements rudes, les oppositions, les réactions causant à tout le système un dommage, bien plus grand dans le cas où l'hélice tendrait à faire avancer le convoi plus que les roues motrices. Car, tandis que si l'hélice est en avance par rapport aux roues, la compensation, s'opère facilement par le frottement sur la voie, sans autre inconvénient qu'une dépense de force plus grande; il n'en est plus de même quand les roues sont en avance: la compensation ne saurait s'effectuer sans des dérangements notables, l'hélice en effet ne peut pas traîner en frottant comme les roues.

Le constructeur devra donc tenir compte de cette circonstance, et disposer les choses de telle sorte que le premier cas se produise de préférence au second.

La commission pense que Moorsom aurait eu précisément en vue de remplir cette condition: car, en descendant dans les détails du projet, nous avons remarqué que la somme des douze pas de l'hélice (qui devrait correspondre à un tour entier de la roue motrice) est d'environ quatre centimètres moindre que le développement de sa circonférence.

Votre commission aura peut-être deviné la pensée de l'habile ingénieur, qui aurait volontairement soumis son mécanisme à une légère imperfection dans le principe, dans le but d'assurer un long service; l'usure en effet diminuerait cette imperfection, et permettrait que les roues soient rectifieés au tour.

Quand après un long service, la machine commencerait à subir l'inconvénient opposé, les roues devraient recevoir un cercle à nouveau, et les conditions précédemment établies se représenteraient.

De toutes les considérations ci-dessus, la commission déduit l'opinion que les frais d'entretien de la voie ferrée de Moorsom, ne dépasseront guère ceux qu'exigent les voies ordinaires, parcourues par des locomotives de puissance égale.

Et quand l'on considère l'augmentation de poids utile que le nouveau système peut traîner sur une rampe plus forte, on doit conclure qu'il en résultera en définitive une économie dans l'exploitation.

Il faut faire remarquer, que la marche du convoi ne serait pas interrompue, lors même que çà et là quelques rouleaux manqueraient ou ne fonctionneraient point: pour en être convaincu, il suffit d'observer que le convoi ayant acquis une vitesse de cinq mètres peut, en vertu de la force d'inertie, continuer sa course quelque temps avec la même vitesse de sorte que, si par un accident extraordinaire quelques rouleaux venaient à manquer çà et là, le véhicule poussé par la vitesse acquise, et par l'action non interrompue des roues motrices continuerait son mouvement jusqu'au point, où l'hélice mordrait le rouleau suivant, parcourant, ainsi le court intervalle de 54 centimètres, ce qui parait assurer au système Grassi, sur tous les autres systèmes déjà en usage, une supériorité marquée pour la facilité d'exploitation, et la moindre probabilité des interruptions.

Nous devons ajouter que dans le cas tout-à-fait improbable d'une rupture de l'hélice qui l'empêcherait de fonctionner, la locomotive Moorsom (continuant son action) pareait aux désastres d'une chûte précipitée, en fonctionnant comme un frein très-puissant.

Votre commission a de plus étudié la question au point de vue des frais d'exploitation: pour cela, nous avons recherché qu'elle serait la force de traction de la machine, afin dévaluer approximativement la quantité de vapeur qu'elle devra fournir pour traîner sur un plan incliné de 5 pour cent, avec une vitesse de 5 mètres par seconde, un poids d'au moins cent tonnes.

Il faut ici tenir compte de la résistance du convoi, et du frottement de l'engrenage qui transmet le meuvement à l'hélice.

La force de traction pour vaincre la résistance du convoi, se compose de deux quantités, la première constante pour la traction à une vitesse infiniment petite; la seconde qui

varie en raison du carré de la vitesse par la résistance de l'air.

De diverses expériences faites en France et en Angleterre, il résulte que sur un plan horizontal, la moyenne des deux quantités mentionnées plus haut, est exprimée pour chaque tonne de poids par les deux valeurs suivantes:

Quantité constante = 0,00421
Quantité variable = 0,0000317

Si l'on admet une vitesse de cinq mètres par seconde, l'effort de traction par tonne sera représenté par

$$1000 \times 0,00421 + 1000 \times 0,0000317 \times 5^2 = 4,21 + 0,7925$$

ou à peu de chose près cinq kilogrammes.

Il suit que pour chaque tonne, le convoi exige une tension utile de cinq kilogrammes, agissant sur les pistons moteurs, le plan restant horizontal.

Mais, pour vaincre de pesanteur sur les rampes, à ces cinq kilogrammes il en faut ajouter 10 par chaque 1 pour cent d'inclinaison cinquante kilogrammes par conséquent pour une rampe de 5 pour cent; dans le cas qui nous occupe, la force motrice nécessaire sera donc de 55 kilogrammes par tonne.

Nous manquons de données précises pour calculer la résistance de l'engrenage; mais, en raisonnant d'après certains cas analogues, on peut, par hypothèse, admettre qu'elle sera vaincue par un accroissement de force équivalent aux 25 centièmes de la force de traction transmise à l'hélice, supposée ici égale aux 3[8 de la force totale.

Ceci posé, le convoi pesant cent tonnes, il faudrait, pour gravir le 5 pour cent avec une vitesse de 5 mètres par seconde, une force de vapeur équivalente à la pression de

$$100 \times 55\ 2062 \times 0,25 = 5500 \times 515,5 = 6016$$

kilogrammes environ.

Il est facile maintenant de déterminer la tension nécessaire de la vapeur; en effet, le diamètre des cylindres étant

de 46 centimètres, la base de chaque piston a une surface de 1662 centimètres carrés. Et bien que les deux pistons agissent simultanément, on ne doit pas cependant considérer, la tension de la vapeur sur la base d'un seul, car, comme on le sait, ils sont disposés de telle sorte que l'action de l'un est portée au maximum au moment où celle de l'autre est réduite au minimum. En somme, l'action continue mais variable des deux moteurs peut-être regardée comme équivalente à l'action maximum continue d'un seul.

La tension de la vapeur correspondra donc à la pression de

$$\frac{6016}{1662} = 3,62$$

kilogrammes par centimètre carré, ce qui revient à dire approximativement la pression de trois atmosphères et demie.

Pour de plus puissantes résistances on pourrait employer la vapeur à une tension plus élevée.

Ces données paraissent suffire pour évaluer la quantité de combustible à consommer: en effet, les pistons ayant 46 centimètres de diamètres, una course de 61 centimètres fournissent chacun, à la vapeur une capacité de litres 101,38; à chaque tour de roue motrice on consommera donc environ 405 litres de vapeur. Il a été déjà dit que pour une vitesse de 19 kilomètres à l'heure, la roue motrice doit faire 82 tours et 9[10 par minute; chaque minute on consommerait donc près de 33 mètres cubes 6[10 de vapeur.

Moorsom ne dit pas à quelle pression sera portée la vapeur de la machine, mais, des calculs déjà énoncés nous croyons pouvoir conclure qu'elle sera au moins à trois atmosphères et demie.

A cette pression, un mètre cube de vapeur pése 1,818 kilogrammes. Il faudra donc convertir en vapeur environ 61 kilogrammes d'eau par minute, 3660 kilogrammes par heure.

La consommation du combustible pour transformer 3660 kilogrammes d'eau (supposée à 15 degrés) en vapeur à la température de degrés 140,6 se déduit de la formule

$$\frac{(550 + 140,6 - 15)\ 3660}{0,60 \times 7050}$$

kilogrammes, en admettant que le foyer utilise seulement 60 centièmes de la chaleur produite.

Faisant les calculs indiqués dans la formule ci-dessus, nous trouvons que la locomotive proposée par Moorsom consommerait 584 kilogrammes de coke pur par heure, en montant la rampe.

Mais, il faut le remarquer, nous avons supposé le cas le plus défavorable, celui où la machine devrait agir constamment à pleine vapeur sur une rampe de cinq puor cent. Or, il est difficile d'admettre qu'en une heure de marche on ne trouve pas des points où la pente sera moins forte; il est donc légitime de dire que, dans la pratique, il y aura économie notable de la vapeur. C'est là ce qui nous fait croire que la machine de Moorsom n'exigera pas des frais excessifs, vu les effets grandioses qu'elle est destinée a produire.

En résumé nous pouvons réduire tout ce qui a été dit plus haut à cinq points principaux:

1. — Avec le système à hélice les inconvénients des engrenages ordinaires, surtout les plus graves ne sont plus à redouter.

2. — Les efforts sur les pivôts des rouleaux peuvent être soutenus et absorbés sans aucun dommage, la résistance des pivôts eux mêmes offrant une large marge pour garantir, à cet égard, la stabilité du système.

3. — La vitesse de rotation de l'hélice, très grande il est vrai, ne dépasse pas celle qui est communiquée à l'hélice des bâteaux à vapeur; les conditions étant d'ailleurs différentes dans les deux cas, et la théorie ne fournissant pas d'éléments certains de solution pour en apprécier la différence, c'est à l'expérience de décider s'il faut, et de combien il faudrait réduire cette vitesse.

4. — Pour les résultats des secousses et des chocs, la science, muette encore, ne nous permet pas de les apprécier exactement: nous avons néanmoins quelques indices qui permettent de conjecturer qu'ils peuvent être rendus moins dangereux qu'on ne pourrait le craindre.

5. — Dans la pratique il est plus facile d'obtenir une

action parfaite et concomitante des roues motrices et de l'hélice, qu'il ne le sera de maintenir cette harmonie avec l'usage prolongé: nous avons vu, du reste, que l'ingénieur Moorsom ayant pensé de mettre l'hélice un peu en retard en égard aux roues a, avec intention, introduit dans le système une légère imperfection qui diminue avec l'usure, et permet de rectifier les roues sur le tour.

6. — Il devient évident que de l'emploi de la locomotive à hélice pourra résulter une économie notable dans les frais d'exploitation et d'entretien, quand l'on considère l'accroissement de poids utile qu'elle peut traîner malgré une pente plus forte.

Par tous ces motifs la commission, à l'unanimité, déclare que le système Grassi, développé par le Capitaine Moorsom, non seulement n'est pas en contradiction avec les lois de la mécanique, mais y puise plus d'évidence au contraire; et, puisqu'il existe des difficultés sur lesquelles la science ne peut prononcer, la commission croit rationnel de consulter l'expérience.

La commission croit en outre de son devoir d'ajouter qu'il ne saurait résulter que de la gloire, et même un avantage réel pour le gouvernement de l'expérimentation fait sur l'échelle naturelle, attendu que la méthode peut avec grand profit être appliquée aux grandes lignes en projet pour franchir les chaînes de montagnes, et les faire gravir par de pesants convois sur de fortes pentes.

Il n'est pas douteux qu'à l'aide des rampes de cinq pour cent, on ne puisse franchir les cols les plus élevés, en évitant la tortuosité des lignes qu'exigent les autres systèmes, et surtout les tunnels de longueurs indéterminées.

Par le système Grassi, on ne redoute plus l'inflexibilité des anciens systèmes, la question des courbes est resolue, sans augmentation de la résistance produite par les frottements. Le problème de la continuité sous le triple rapport de la force, de la vitesse, et de la securité, y trouve une solutions satisfaisante; si l'expérience est favorable, on pourra dire justement que l'industrie de l'homme, a su ré-

duire à néant les obstacles et les énormes difficultés que la nature avait interposée entre les nations, comme une limite à leurs communications.

Il ne nous reste plus qu'à émettre un vœu, c'est que l'expérience se fasse sur le plan incliné de la Camerlata à Como, où elle sera décisive; car, on peut préparer à côté de la route de poste actuelle un tronc de voie ferrée de 1200 mètres de longueur, qui, vû la différence des deux niveaux estimée à 60 mètres, aurait une pente de cinq pour cent.

Ce tronc, d'après le devis de Moorsom, coûterait environ 69 mille francs de plus qu'une longueur égale de voie ferrée ordinaire, il faudrait y ajouter 75 mille francs prix de la locomotive complète.

En acceuillant favorablement la demande de la Société Grassi, le Gouvernement agirait conformément à ses intentions, de favoriser l'industrie et le commerce, d'encourager les talents qui s'y adonnent d'aider une entreprise italienne; il aurait de plus la satisfaction de faire participer la ville de Como, aux avantages de la voie ferrée qui arriverait aux bords du lac; et, en admettant même le cas le plus favorable, où l'expérience serait contraire à l'adoption de l'hélice, cette voie ferrée pourrait être utilisée pour le trait ordinaire avec des chevaux; et le trésor resterait possesseur d'une locomotive puissante, qui débarrassée de l'hélice, pourrait être employée comme les machines ordinaires.

Mais les preuves nombreuses de capacité données par l'ingénieur Moorsom sur le plan incliné de Lickey, le choix qu'en a fait le gouvernement anglais, pour étudier et résoudre le tracé des voies ferrées dans l'île de Ceylan, la conviction intime du succès qu'il exprime dans son rapport, la condition sine qua non, imposée par lui, d'être chargé de l'exécution de tous les travaux pour l'expérience qu'il veut mener à bonne fin, tout se réunit pour justifier pleinement l'emploi d'une somme qui pourrait produire de grands profits pour le gouvernement lui-même; si elle réussit, comme tout le fait espérer, Grassi déclare céder gratuitement au

r la permission d'appliquer son système sur toutes les ferrées construites, ou en voie de construction, qui se 'ent actuellement sur le sol d'Italie, en possession de t, dans tous les cas où la différence de niveau exigerait lication du système à l'hélice.

isque l'expérience est la seule base de l'étude de la sophie naturelle (comme le disent Galilée et Bacon), ndons lui la confirmation d'une méthode, la solution problème qui fera épargner d'énormes capitaux, et raira l'humanité à de terribles dangers, fécondant au 'aire ses plus précieux intérêts.

Louis De-Cristoforis
Charles Possenti
D. L. Magrini, *Rapporteur.*

LOCOMOTIVE A HÉLICE

POUR

FRANCHIR LES RAMPES SUR LES CHEMINS DE FER

INVENTION

DE G. GRASSI DE MILAN.

RAPPORT

DE L'INGÉNIEUR W. S. MOORSOM,

MEMBRE DE L'INSTITUTION DES INGÉNIEURS CIVILS DE LA GRANDE BRETAGNE.

Pour les renseignements, à M. le Av. A. Grancini, gérant
Vie Turin, n. 57 à Milan.

OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES.

Monsieur Grassi de Milan a bréveté l'application de l'Hélice à la Locomotive pour faire franchir les fortes rampes aux convois sur les chemins de fer. La Société Grassi, Vélini et Ce. formée à Milan pour l'exploitation industrielle de l'invention, ne pouvait pas expérer faire adopter le nouveau système avant d'avoír obtenu l'approbation des meilleurs juges en pareille matière, les Ingénieurs et les Capitalistes de la Grande-Bretagne.

Pour cela, une Succursale a été établie à Londres, n. 14, Southampton street, Strand, où la Société a un fondé de pouvoirs.

Parmi les personnes intéressées dans l'industrie des che-

mins de fer, celles surtout qui s'étaient occupées de la question des rampes s'empressèrent de venir examiner le nouveau Système.

Le Capitaine Moorsom, Ingénieur civil, Membre de l'institution des Ingénieurs civils de Londres, se chargea de l'étudier et d'en établir la valeur pratique: nous annonçons avec satisfaction que M. Moorsom, ayant terminé ses études et les dessins de la Machine, a adressé à la Société un rapport détaillé que l'on trouvera dans cette brochure avec la lettre d'envoi.

De tous ceux qui ont étudié le système Grassi, M. Moorsom devait se montrer le juge le plus sévère; car, il avait inventé et fait adopter malgré une vive opposition, un système d'ascension appliqué dès 1840, au plan incliné du Lickey, ligne de Birmingham à Gloucester. L'approbation donnée à l'invention Grassi par un Ingénieur aussi distingué est une reconnaissance implicite de la supériorité de ce Système sur tous les autres Systèmes connus.

Nous ne ferons aucune observation sur le rapport de M. Moorsom: qu'il nous soit permis seulement de dire, que tout en adoptant la théorie Grassi, M. Moorsom a su la faire sienne, pour ainsi dire, en y donnant les développements que son habileté pratique lui à suggérés.

En pareille matière, M. Moorsom est avec raison regardé comme l'un des juges les plus compétents: le choix récent du Gouvernement Anglais qui lui a confié la difficile et importante mission de faire un tracé complet de chemins de fer pour l'île de Ceylan, prouve en quelle haute estime on tient son talent et son expérience.

On peut déduire du rapport l'immense économie qui résultera de l'adoption de la locomotive à Hélice. La comparaison entre le coût d'un chemin de fer par dessus les Alpes ou les Pyrénées (Système Grassi), et les devis des projets les plus modérés avec tunnels, etc., donne une différence énorme. Un seul exemple suffira pour convaincre les lecteurs (*): le tunnel projeté du mont Cenis (ligne de Lyon

(*) Voyez *American Railroad Register*.

à Turin) coûterait plus de 100 millions de francs, tout en ayant une pente de plus de 2 1[8 pour cent: En bien! sur cette même ligne, on franchirait aisément le mont Cenis, avec le Système Grassi, pour une dépense totale de 3 ou 4 millions au *maximum*, en sur des frais ordinaires de la voie; et, cela, en admettant une longeur triple de celle du tunnel. Si nous eussions pris pour exemple les projets du Splügel, du Simplon, du Lüchmanier, etc., la différence serait encore plus grande: du reste, que chacun de ceux qui s'occupent de la question fasse le comparaison pour la ligne à laquelle il s'intéresse, et il constatera que l'avantage économique du Système Grassi est tel qu'il réduit la dépense au quart, souvent même au dixième des devis actuels.

Messieurs les Directeurs ou Actionnaires qui désireraient des renseignements détaillés sont priés de s'adresser:

A Milan, à M. le Avv. Abele Grancini, gérant, Vie Turin n. 57.

Les conditions que fait la Société sont si raisonnables qu'on n'aura qu'à se féliciter d'être entré en relations avec elle.

A MM. G. GRASSI, VELINI et C.ie

20 Janvier 1857.

Messieurs,

Vous m'avez fait l'honneur de me demander, si dans mon opinion, votre *hélice* pouvait à l'aide de la vapeur faire franchir à un convoi, avec une vitesse modérée, une rampe de 5 pour 100. J'ai fait une étude sérieuse de votre Système sur le modèle qui m'a été soumis et je n'hésite pas à répondre affirmativement à la question ci-dessus.

Vous avez, en outre, désiré connaître les moyens d'application qui me paraissaient préférables; sur l'assurance formelle que vous m'avez donnée de n'en confier qu'à moi seul la mise en exécution je m'empresse de vous expliquer ces moyens.

Je propose de construire une Locomotive à cylindres extérieurs de 18 pouces de diamètre avec une course de piston de 24 pouces, la roue motrice ayant 4 pieds de diamètre avec une chaudière de capacité suffisante pour donner assez de vapeur (à détente) à une vitesse *minimum* de 12 milles à l'heure sur une rampe de 5 pour 100, avec une charge de 100 tonnes, y compris le poids de la machine et du tender, ensemble environ 28 tonnes.

La machine locomotive et son tender sont construits sur le même chassis.

Sur l'essieu des roues motrices de la machine locomotive sera fixée une roue conique de manière à transmettre le mouvement de rotation par l'intermédiaire de deux pignons et d'une roue dentée conduisant l'hélice.

La roue motrice et l'hélice font leurs révolutions dans un rapport exact, de façon que l' hélice avance dans le même proportion que les roues motrices : en d'autres termes, chaque tour de la roue fait avancer l'hélice de 12 pieds 7 pouces environ. L'hélice fait 12 révolutions par tour de la roue motrice. Je pense que sur un plan horizontal on peut faire 13,000 tours de la roue motrice à l'heure, et que, si la même force est appliquée à l'hélice sur une rampe de 5 pour 100,

la force de la vapeur surmontera la résistance en plus résultant de la pesanteur et du frottement et donnera une vitesse d'au moins le tiers ou la moitié de celle qu'on obtiendrait sur le plan horizontal pour la même charge.

Il faut maintenant considérer l'hélice dans ses rapports avec la voie.

Je propose de faire le filet de l'hélice de 13 pouces de diamètre, entourant un noyau de 7 pouces de diamètre, avec un pas de 12 pouces et 1[2. Le noyau de l'hélice aura 5 pieds 4 pouces de longueur et sera engagé avec deux rouleaux à la fois.

Les rouleaux ou petits tambours seront placés à 3 pieds 2 pouces d'axe en axe. Ils auront environ 8 pouces et 1[2 de diamètre et tourneront autour des axes fixés dans une longrine de bois carré et seront graissés comme on le fait pour les roues de voiture. La longrine en bois pour supporter les rouleaux aura 10 pouces de largeur sur 8 d'épaisseur. Il faudra par mille 2,933 pieds cubes de bois pour ces longrines, et 1,668 rouleaux.

Les rails seront *Bridge-rails,* pesant 65 livres le yard et vissés aux longrines en bois de 10 pouces sur 8 au moins; cette condition ne sera exigée que pour la montée du plan incliné. C'est du reste, un mode de construction ordinaire pour les chemins de fer.

Les dépenses peuvent être établies comme suit:

Rouleaux ou petits tambours avec les tiges, pour un mille de voie simple ou 1668	L. 3336
Le bois à employer en plus avec contre-fiches ou 3989 pieds cubes à 1 shilling 6 pence	» 299
Le prix de pose et de régalement pour ces additions à 9 pence le yard . .	» 66
Ou prix total par mille	L. 3701

La machine avec le tender, l'hélice et l'engrenage complet coûterait aux chantiers, en Angleterre, L. 3,000.

Les rails n'ont à subir aucune dépense extra; on peut donc dire qu'en Angleterre, un mille de chemin de fer construit pour ce mode de traction coûterait L. 3,700 de plus qu'un mille de chemin de fer ordinaire.

La machine ne coûtera que L. 500 de plus qu'une machine de renfort ordinaire (*Bank Engine*).

Une machine de renfort ordinaire, construite et manœuvrée comme on le pratique sur les rampes raides des chemins de fer d'Europe les mieux exploités, transporterait une charge de 50 tonnes sur une rampe de 5 pour 100, tandis que la même machine, construite comme nous l'avons indiqué, transporterait facilement 80 tonnes sur la même rampe et il n'est pas douteux qu'une machine plus puissante ne transportât une charge plus forte.

Le dessin de la machine et de la voie qui accompagnent ce rapport, montrent les détails de l'application du mécanisme, mais le succès dans l'application reposera sur l'habileté et le talent de l'Ingénieur chargé de conduire les travaux.

Vous me demanderez peut-être s'il y a des conditions spéciales, particulières à ce Système qui en rendraient l'application difficile: on ne saurait le nier. *Maintenir en rapport exact la roue et l'hélice. — Le frottement des rouleaux.* — L'économie d'entretien de la machine et de la roue. — Sont trois difficultés sur lesquelles diverses opinions peuvent être émises tant que l'expérience n'aura pas prononcé. Mon opinion formelle est que ces difficultés seront détruites avec plein succès par l'habileté et les soins économiques d'un Ingénieur déjà versé dans l'exploitation des plans inclinés et il serait oiseux de discuter ce sujet excepté avec le petit nombre de personnes qui sont compétentes dans cette spécialité d'opérations.

Recevez, Messieurs, l'assurance de ma parfaite considération.

W. S. Moorsom,

Chf. Eng.,

17, Great George Street, Westminster.

A MM. GRASSI, VÊLINI et Cie.,

2 Février 1857.

Messieurs,

Ayant eu l'honneur de vous adresser mon rapport sur votre locomotive à hélice brevetée, duquel il résulte qu'elle peut être avantageusement appliquée aux rampes de chemins de fer, je crois maintenant devoir vous conseiller d'en proposer l'emploi aux Compagnies existantes ou en projet, dont les lignes ont de fortes rampes.

Ainsi, le tracé du chemin de fer Franco-Espagnol présente une étendue considérable de terrain où une grande économie résulterait certainement de l'heureuse application de votre système.

On économiserait, selon toutes probabilités, au moins soixante pour cent au plan incliné du Giovi entre Gênes et Turin en substituant votre hélice aux machines employées.

Enfin, la locomotive à hélice donnerait des résultats bien plus satisfaisants que ceux que l'on obtient aujourd'hui sur le plan incliné du Semmering au sujet duquel j'écrivais il y a quelques années à M. Rothschild une lettre, dont je vous ai donné copie, où je lui annonçais que le résultat tromperait ses espérances.

Agréez, Messieurs, l'assurance de ma parfaite considération.

W. S. MOORSOM,
Chf. Eng.,
17, Great George Street, Westminster.

LÉGENDE EXPLICATIVE DU DESSIN.

A. — Cylindres extérieurs (ou en dehors de la boîte à fumée) de 18 pouces (1) de diamètre, avec une course de piston de 24 pouces.
B. — La roue motrice de 4 pieds de diamètre.
C. — La chaudière.
D. — L'essieu des roues motrices.
E. — Roue conique sur l'essieu des roues motrices.
F. — Pignon conduit par la roue E.
G. — Roue dentée sur le même essieu que le pignon F.
H. — Pignon sur le noyau de la vis conduit par la roue G.
I. — Cylindre ou noyau de la vis de 5 pieds 4 pouces de longueur, de 7 pouces de diamètre, ayant un filet de 13 pouces avec un pas de 12 1/2 pouces.
K. — Rouleaux ou petits tambours.
L. — Axes ou tiges de rouleaux.
M. — Longrine en bois carré portant les rouleaux.
N. — Rails sans coussinets.
O. — Longrine en bois carré portant les rails.
P. — Piston du cylindre à vapeur.
Q. — Tampon.

(1) Tous les nombres sont donnés en mesures anglaises. Le pied (12 pouces) équivaut à 305 millimètres.

ARCHIMEDIAN

SCREV

LOCOMOTIVE ENGINE

for Ascending steep gradients on Railways

INVENTION AND PATENT

OF D.r GRASSI OF MILAN

Member of the Institution of Civil Engineers of London

All applications to be addressed to Sig. Avv. A. Grancini Manager, Via Torino, N. 57, Milano

---

INTRODUCTION.

Mr. Grassi of Milan has patented an application of the Archimedean Screw to Locomotive Engines, for taking trains up steep ascents on railways. The Company, G. Grassi, Velini and Co., have been formed at Milan to carry out this invention, but they were aware that until they had obtained the approval of the best judges, viz: the Engineers and Capitalists of Great Britain, they must remain uncertain of complete success.

An Office has been therefore established in London, at 14, Southampton Street, Strand, where an Agent of the Company represents them.

Among those connected with Railways who came to inspect the new Machine, were chiefly Engineers and Capi-

talists, who had devoted thier attention to the question of working steep gradients. Captain Moorsom, Civil Engineer, Member of the Institution of Civil Engineers in London, undertook to study the Grassi-System and to report on its practical value.

We have much pleasure in stating that Captain Moorsom having completed his enquiries and prepared designs of the Engine, we are enabled to publish his report.

It was to be expected that Captain Moorsom would institute a searching examination, he himself having invented a system and introduced it as far back as 1840, at the Lichey incline, where it has been in successful operation ever since. The approbation of M. Grassi's invention by so distinguished a talent is an implicit acknowledgement of the superiority of the screw-engine, over all other Systems actually known.

We do not intend to offer any remark on the report of Captain Moorsom, save only that in adopting Mr. Grassi's theory, Captain Moorsom has made it his own, so to speak, by adding those developements which his skill suggested to him.

Upon such a subject Captain Moorsom is unquestionably une of the best judges; the fact of his being lately selected by the English Government to discharge the important and difficult duty of making a general survey for a complete Railway system in Ceylon, shows in what high estimation his knowledge and experience are held.

The fair deduction from the report is obviously to be found in the large economy to be attained by the use of the Screw Engine.

The comparison between the estimated cost of a Railway over the Alps or the Pyrenees after the Grassi-System, and the estimates of the most moderate projects with Tunnels, etc. gives an enormous difference.

One example alone will suffice to convince our readers (*).

(*) See *American Railroad Register.*

The Tunnel projected to cross Mont-Cenis, on the Line from Lyon to Turin is estimated to cost more than 100 million francs, even although there occurs a gradient of 2 1[8 per cent: whilst on this same Line, Mont Cenis may easily be surmounted by the aid of the Grassi-System, at a probable expenditure of three or four million francs at most, above the cost on ordinary Railways, assuming that the increased length of the Line is threefold that of the Tunnel. If we had made this comparison with the schemes of the Splugel, the Simplon, the Lüchmanier, etc. a greater difference would have been apparent in favor of the Grassi-System.

Finally, let any one interested in such a question institute the comparison in the case before him, and it wil prove to him that the economical advantage of the Grassi-System reduces the probable cost to a fourth, often indeed to a tenth part of what it is otherwise expected to be.

Directors, shareholders and others who desire further information are requested to apply:

In London, to G. Grassi, Velini, and Co., 14 Southampton Street, Strand.

At Milan, to Signor Dottor Giuseppe Velini, Notajo, Corso di Porta Tosa, N.° 20.

Terms offered by the Company will be found very reasonable and will prove mutually advantageous.

TO MESSRS G. GRASSI, VELINI of CO.

20 January 1857.

Gentlemen,

You having desired to know, whether in my opinion your patent Archimedean screw may be worked by Locomotive power so as to draw with facility trains up a railway-incline of one in twenty at a moderate speed, I have studied your patent as exhibited to me by your model and have expressed to you my opinion that your screw may be so worked as above stated.

You have further desired to know by what detailed method I would proceed to apply your invention, and as you have given me the assurance, that the carrying out of the patent shall not be given to other hands than mine, I proceed to develope my method of application.

I propose to construct a locomotive engine with 18 inch outside cylinders, 4 feet driving wheel and 24 inches stroke, with boiler capacity sufficient to provide steam, (with proper expansion gear), for a speed of not less than 12 miles per hour on the incline, with a gross load of not less than 100 tons, including the weight of the engine and tender, which would probably amount to about 28 tons.

The engine will carry her tender upon her own frame.

On the driving axle of the engine a bevelled wheel will be fixed so as to connect by means of one intermediate motion with the crown wheel on the end of the shaft of the screw.

The driving wheel and screw revolve in exact ratio to each other, so that the screw will advance exactly as the driving wheels advance, or in other words each revolution of the driving wheel sends the screw forward 12 feet 7 inches nearly. Thus 12 turns of the screw are made for every turn of the driver. I believe we should make about 13,000 such revolutions of the wheel per hour on the level, and that, when we apply the same motive power to turn the screw on the incline above stated, of one in twenty, the steam power

will overcome the additional resistance arising from gravity and friction of the machinery, at a speed not less than from onethird to one-half of that attained on the level with the same load.

We have now to consider the screw in its relations to the road. I propose to make the thread of the screw to be of 13 inches diameter, winding round a cylinder or shaft of 7 inches diameter, and with a pitch of 12 1[2 inches. The cylinder screwed will be about 5 feet 4 inches long, and will always hold two of the rollers in its grasp at one time.

The rollers or pullies will be placed 3 feet 2 inches apart from centre to centre; they will be about 8 1[2 inches in diameter, and will revolve into a longitudinal balk of timber, and will de lubricated in the same way as the wheels of the carriages.

The bearing timbers for the rollers will be a single line of balks about 10 inches wide by 8 inches deep; thus each mile will require 2933 cubic feet of timber and 1668 rollers.

The rails will be *bridge rails* weighing 65 lbs. per yard and screwed to balks equal to a section of 10 inches by 8 at the least. This road will be necessary to be thus laid only on the up side of the incline and is a not unusual mode of constructing the permanent way.

The expenses may be stated as follows, viz:

The cost of the rollers or pullies and spindles for one mile of single track or 1668 rollers will be.	L. 3336
The cost of the additional timber bearing struts or 3989 cubic feet of timber at 1s. 6 d. will be	» 299
The cost of laying and fitting such additions at 9 d. per yard will be . . .	» 66
Or total cost per mile	L. 3701

The cost of the engine with tender and serew and connecting gear complete, in the shops in England, will be L. 3000.

The rails have no additional expense to bear on account of this peculiar construction. Thus we may say that in England the total cost of one mile of railway prepared for this

mode of traction will de about L. 3700 additional as compared with the expense of construction of an ordinary mile of the same railway line; and the additional cost of the Engine over and above an ordinary assistant, or Bank Engine, will be about L. 500.

The result will be that such ordinary Bank Engine, if constructed and worked as is usual on the best European railways on steep inclines, would take about 50 tons of load up one in twenty, whereas, this engine, constructed as above described would take about 80 tons of load up the same incline, and no doubt a more powerful engine would take a greater load.

The drawing of the engine and permanent way which accompanies the report, shows the detailed mode of applying the machinery, but the right working of the details of the railway must depend on the ability and resource of the Engineer in charge.

You may possibly desire to know if there are peculiar difficulties to contend with in the application of this system. There are such, no doubt. The maintenance of exact action between the wheel and the screw, — the friction of the rollers — the economy of the maintenance both of the Engine and of the road, — are three points of difficulty about which various opinions will prevail, till the system has had the test of practice. My opinion is, that these difficulties are only such as the skill and economical care of an Engineer, well used to working inclines, may successfully surmount, and it is hardly worth while to discuss the subject, except with the few men who are thus circumstanced.

I am, Gentlemen, youss faithfully,

W. S. Moorsom.

Chf. Eng.

17, Great George Street, Westminster.

TO MESSRS G. GRASSI, VELINI of CO.

2 February, 1857.

Gentlemen,

Having made known to you my opinion of your patent Archimedean Screw, as capable of being applied to railway inclined plains, I would suggest your introducing it to the notice of those railway Companies, both formed and in course of forming, where very steep ascents are to be surmounted.

Thus, between France and Spain there must be a considerable extent of ground, over which, a great deal may be saved by the successful applications of your system.

The *Giovi* Inclines between Genoa and Turin might be probably worked more advantageously by sixty per cent than they now are.

The Semmering Inclines, (respecting which I foretold M. Rothschild several years ago that he would suffer disappointment, of which letter you have a copy), might give more satisfaction by the adoption of your system upon them.

Believe me faithfully yours,

W. S. Moorsom,

Chf. Eng.,

17, Great George Street, Westminster.

REFERENCE EXPLANATORY OF THE DESIGN.

A. — 18 inch outside cylinders, 24 inch stroke.
B. — Driving wheel 4 feet diam.
C. — Boiler.
D. — Driving axle of the engine.
E. — Bevilled wheel fixed on the driving axle of the engine.
F. — Pinion driven by wheel E.
G. — Crown wheel on the same shaft as the pinion F.
H. — Pinion on the shaft of the screw driven by wheel G.
I. — Cylinder or shaft of the serew 5. 4. long — the serew having a diameter of 7 inches, a thread of 13 inches and a pitch of 12 1|2 inches.
K. — Rollers or pullies.
L. — Spindles of the rollers.
M. — Longitudinal Balk of timber which forms the bearing of the roller.
N. — Bridge iron rails.
O. — Balks of timber carrying rails.
P. — Piston of the steam cylinder.
Q. — Buffer.

Al Sig. Avv. **Abele Grancini**
Gerente la Societa VELINI E COMP.
IN MILANO.

Avendo i sottoscritti dott. Giuseppe Grassi ed ing. Francesco Pessina avuto la soddisfazione di vedere accolto con manifesti segni di aggradimento il Programma storico-tecnico dai medesimi compilato ed oggi stesso letto nell' adunanza generale dei Socii, si fanno un pregio di farne omaggio alla Società e per essa alla Signoria Vostra che tanto degnamente la rappresenta, perchè ne faccia quell' uso, sia privato sia pubblico, che la saggezza della S. V. credesse più opportuno e conveniente.

Voglia aggradire la Signoria Vostra i sensi della più alta stima, colla quale si professano della S. V.

Milano, 25 aprile 1867.

Divot. Obbl. Servitori
Dott. Giuseppe Grassi
Ing. Francesco Pessina.

Ai signori Dott. **Giuseppe Grassi**
ed Ing. **Francesco Pessina**

Milano, 3 maggio 1867.

Quale gerente la Società Velini e Comp., ed anche per mio conto ho il piacere di riscontrare al gentile foglio 25 aprile ora scorso, porgendo alle Signorie Loro ringraziamenti e congratulazioni a nome di tutti i socii che accettarono ed apprezzarono il bel lavoro di cui le LL. SS. vollero fare dono alla società stessa.

Accolgano pregiatissimi signori i sensi della mia sincera stima ed amicizia, credendomi

Delle Signore Loro

Devotissimo
Avv. Abele Grancini.
Gerente la Società Velini e Comp.

come risulta da una relazione recentemente presentata al Ministero d'Inghilterra, nella quale vien calcolata a circa 170 milioni. Assai probabilmente questa enorme somma verrà superata.

A soddisfare alla più gran massa d'interessi commerciali al Sud e al Nord delle Alpi occorrono almeno due passaggi nell'intervallo, che è di oltre 400 chilometri, compreso tra il Moncenisio ed il Brennero. A tale scopo si stanno elaborando i progetti dietro studi ripetuti attraverso il Sempione, il San Gottardo, il Lukmanier, e lo Splugen e Septimer (Veggasi il rapporto del sig. *Piarron de Mondesir*, direttore della Compagnia delle Strade Ferrate della linea d'Italia, del 7 maggio 1863, ed il rapporto della Commissione per l'esame tecnico dei progetti e degli altri studi relativi al passaggio delle Alpi Elvetiche, istituita con Decreto Ministeriale del 23 luglio 1864).

Quanti enormi capitali vanno ad essere sepolti tra quelle gole, tra quelle caverne! E quante vite umane si avranno a deplorare nello scavamento di quei trafori! E quante ne può costare dappoi una improvvisa rovina! La catastrofe del pozzo dell'Hauenstein (Svizzera) che seppellì ad un tratto sessantatrè miseri lavoratori, ci richiama sempre al deplorabile sacrificio di vite umane che costano quasi inevitabilmente tali pericolose intraprese. — Anche compiuto il tunnell il pericolo non è interamente rimosso, e l'Inghilterra non ha ancora dimenticata la sciagura toccata al convoglio che passava il tunnell di Leeds (1854) seppellito sotto le rovine del medesimo. Tali rovine predisposte dal lungo infiltramento delle acque e dal replicato tremito del terreno, per il passaggio dei treni, devono fatalmente determinarsi al deplorabile scoscendimento appunto al passaggio dei treni medesimi da cui ricevono l'ultimo crollo. Nel 1861 il convoglio che usciva dal tunnell presso S. Etienne e diretto a Lione sfuggì appena appena al crollo del tunnell che pochi secondi prima avrebbe schiacciato tutto il convoglio. Il viaggiatore prova un naturale ribrezzo nel penetrare le viscere della terra; ribrezzo causato dal sempre imminente pericolo di una frana improvvisa; ribrezzo cui non è estra-

nea la paura di un subitaneo terremoto: misterioso terrore abbastanza significato nel viaggiatore da una silenziosa sospensione di animo che dura quanto è lungo il tragitto dell' artificiale caverna. Nel 1864 i continui traballamenti del terreno nel Vallese durarono circa sei mesi; ed ora da circa un mese continuano al Monte Baldo; e questi fenomeni, inusitati nel gruppo delle Alpi, devono mettere in pensiero i costruttori di lunghi tunnells. Il più lungo traforo finora tentato è quello dal Cenisio. Questo, benchè non ancora riuscito, numera già a centinaia le vittime umane. I giornali narrano a quando a quando le grandi catastrofi, che fanno parlare forzatamente di sè, come quella riferita dal *Journal de Savoie* del 29 ottobre 1865, che costò la vita a dodici operai. Sulle minori si fa silenzio per non ingenerare spavento negli operai, dei quali vi ha continuo bisogno a supplire quelli che dopo breve tempo impauriti se ne vanno ad onta del grosso guadagno giornaliero che li tira a cimentarsi nelle fauci della paventosa caverna. Sulle difficoltà e pericoli del traforo e sul naturale ribrezzo che hanno i viaggiatori pei lunghi tunnells, pubblicò già un eccellente opuscolo Eugène Flachat (*De la traversée des Alpes par un chemin de fer. Neuilly*, 1859).

Ma supponiamo il traforo compiuto, e passiamo sopra all' enorme spesa ed al pericolo di uno scoscendimento. Supponiamo anche che le temute difficoltà e pericoli nell'esercizio possano, le une esser vinte ed i secondi paralizzati dai progressi dell'arte, e che i viaggiatori non abbiano a temere di rimanere soffocati dal fumo, od asfissiati nelle viscere della terra per accidentale interrompimento o forte diminuzione della ventilazione naturale od artificiale delle gallerie, come quella del Cenisio, di enorme lunghezza e prive di pozzi. Rimarrà sempre indubitato che tali lunghe gallerie senza pozzi debbano essere ristrette ai casi eccezionali, nei quali in nessun altro modo sia possibile sciogliere il problema di congiungere le ferrovie attraverso le catene dei monti: — che si debba fare ogni studio per ridurne quanto più sia possibile la lunghezza: — e che in tutti

gli altri casi poi si debbano con ogni cura evitare. I suddetti casi eccezionali si incontreranno in Italia nel passaggio delle Alpi, mentre è a credersi che potranno sempre evitarsi nelle traversate degli Appennini.

Noi confidiamo, che sciolto il problema di salire pendenze non minori del 50 per mille, si attingeranno altezze rimarchevoli su pei fianchi delle montagne con linee più dirette e più brevi e meno dispendiose, sì che i trafori a foro cieco o saranno evitati o saranno almeno ridotti alle minime proporzioni possibili, e per conseguenza facilmente attuabili e commercialmente utili nella costruzione e nell' esercizio.

Tre autori di tre differenti sistemi hanno fatto e stanno facendo prove onde superare forti pendenze colle ferrovie. *Fell*, *Agudio*, *Grassi*.

Il sistema Fell consiste in ciò che la potenza di trazione, invece di essere fondata unicamente sul peso della locomotiva e sulla sua aderenza od attrito delle ruote giranti in piano verticale sulle ruotaje, si deriva specialmente dal prendere come punto d' appoggio, per un sistema di ruote giranti in piano orizzontale, una terza rotaja saldissimamente fissata nel mezzo del binario di guide; in modo analogo, ma inverso di quel che si ha pei cilindri di un laminatojo. In questo la lamina scorre fra i cilindri che girano su perni fissi; per contro nella locomotiva Fell i cilindri, ossia ruote, girando sul proprio asse, sono mobili con tutto il sistema, scorrendo sopra una lamina o guida di ferro cui premerebbero forte da ambo i lati.

Il Fell o sia per speciale sua abilità e costanza, sia perchè sovvenuto di ingenti somme nei più volte ripetuti costosi esperimenti, è riuscito a quello che vent' anni prima venne invano tentato dal barone Seguier, primo inventore del sistema a pressione orizzontale artificiale. (Vedi *Cosmos* 14 febbrajo 1864, Vol. XXIV, pag. 78).

Il Fell sarà riuscito a porre nelle più proficue condizioni i varii membri del meccanismo, in modo da rendere attuabile quello a che invano si accinsero il suddetto barone Seguier in Francia, or fanno già vent' anni, e il Babinet

e il colonnello Fremont negli Stati Uniti quindici anni addietro allo scopo di far passare sulle montagne rocciose il semplice treno dei viaggiatori; ma il principio su cui si fonda il sistema non può prescindere da una difficoltà intrinseca al sistema medesimo.

È evidente che la pressione dello strettojo deve crescere in ragione della pendenza ed essere proporzionale al peso del convoglio. Un' enorme quantità di vapore dovrà dunque essere consumata per rimorchiare un convoglio di poco conto. Dagli esperimenti fatti replicatamente dalla Commissione Governativa nel 1865 risulta diffatti che il peso massimo trascinato dalla locomotiva, oltre sè stessa fu di circa tonnellate 22 1/2 colla velocità di 11 chilometri all' ora. E per ottenere questo risultato bisogna supporre che la zona verticale non sia inumidita, nè spalmata di brina, caso troppo raro nelle alte regioni montuose.

Il sistema Agudio, comecchè ingegnosamente variato, è pur sempre il funicolare, e tutta la pendenza a percorrersi è obbligata e dipendente dal movimento impresso ai capi superiore ed inferiore della via, a mezzo di macchine fisse, comunque sia se ne ottenga il moto.

Il sistema ad elice del Grassi non si crea una difficoltà per superarne un' altra, come nella aderenza artificiale che si procura collo strettojo su di una zona verticale: non è una *via-macchina*, come di necessità è una via percorsa coi sistemi funicolari; ma è un sistema che non è punto diverso dall' ordinario, e che solo viene coadjuvato nell'azione da un' aggiunta, senza della quale il convoglio non potrebbe ascendere una data pendenza e rimorchiare un dato peso.

La relazione che accompagna i disegni e gli studii dell' ingegnere Moorrom e il rapporto dell' esimio professore cav. Magrini, relatore della Commissione incaricata di riferire in proposito, mettono in chiarissima mostra la prevalenza del sistema ad elice a confronto di ogni altro.

Ma nelle applicazioni meccaniche il più delle volte anche i migliori trovati non possono attuarsi che dopo aver passato attraverso le prove più ardue. La costanza e l' o-

perosità giungono a trionfare anche là dove pareva disperata ogni riuscita; però la sanzione definitiva, un sistema nuovo, comunque eccellente, non può averla che dalla effettiva materiale applicazione e riuscita. Per credere universalmente alla prevalenza dei fucili ad ago fu necessario il disastro dell'Austria e la vittoria della Prussia che seppe sola e prima di ogni altra potenza prevederne la potente efficacia.

Abbiamo accennato a questa recentissima applicazione di una invenzione benchè non nuovissima, e se volessimo rimontare la storia di altri trovati ora comunissimi, non escluso quello delle ferrovie, troveremmo quanta costanza e quanta fatica durarono gli inventori ad ottenere i risultati che ora stiamo ammirando, godendone i frutti.

Le prove di fatto riescono sempre difficili, e si richiedono forti spese e proporzionate alla grandezza dell' esperimento.

L' applicabilità del sistema ad elice del Grassi venne dapprima provata con modelli a tutte spese dell' inventore: ma la invenzione è di tal natura da assorbire nelle prove e negli studii ingenti somme, ed è perciò che l' inventore si associò alcune persone facoltose che lo coadjuvassero nelle spese che sempre diventavano più ingenti. Recatosi a Londra l' inventore dott. Giuseppe Grassi di Milano coll' associatosi dott. Velini pure di Milano in sullo scorcio del 1856, otteneva dal celebre ingegnere capitano W. Moorsom (ora da un anno defunto) studii e disegni appropriati all' invenzione e che ottennero il plauso e l'approvazione di quanti seppero approfondirli. Veniva quindi aperto un *bureau* in Londra (Southampton Street Strand) con rappresentanti i suddetti Grassi e Velini per l'attuazione del sistema in base ai disegni e studii dell' ingegnere Moorsom. Reduci a Milano Grassi e Velini ottenevano nel luglio del 1857 un dettagliato Rapporto dell' Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed Arti, rapporto che venne provocato da un Rescritto Sovrano di S. M. l' Imperatore d'Austria, in allora regnante, che si espresse in termini molto lusinghieri per detta invenzione, della quale

aveva veduto un modello alla straordinaria Esposizione nel Palazzo di Brera in Milano.

In base a detto Rapporto elaboratissimo che onora e l'inventore Grassi e l'ingegnere inglese Moorsom autore degli studii e disegni, e l'Istituto Lombardo che l'approvava all'unanimità, e in particolar modo l'egregio professore di Fisica e Matematica cav. Magrini che lo compilava, venne aperta una soscrizione per formare una Società che fornisse i fondi necessarii all'esperimento.

Fatalmente alcuni dei commessi di Grassi e Velini a Londra (tra i quali era principale un Antonio Regazzoli ora defunto) facevano del bureau, che costava molto danaro in assegni agli impiegati e spese accessorie, non un ufficio di affari industriali, come era loro dovere, ed intenzione di Grassi e Velini, ma sibbene un luogo di conventicole politiche, alle quali intervenivano, come si seppe dappoi, Bernard, Alsopp, Orsini, ecc.

Non deve far meraviglia se colla maggior parte dei commessi, che attendevano a tutt'altro, non se ne faceva nulla a Londra quanto alla parte industriale e finanziaria.

Mentre a Londra si tradivano in siffatta guisa le intenzioni di Grassi e Velini, a Milano si supponeva, come era ragionevolissimo, che il bureau di Londra avrebbe con tutta facilità trovati i mezzi per sopperire alle spese dell'esperimento.

Venuti poi in cognizione Grassi e Velini che il principale loro mandatario a Londra, Regazzoli, e qualche altro loro salariato non si curavano punto degli interessi della Società, eludendo le intenzioni dei loro mandanti e dissipandone i fondi, si chiuse il bureau.

Sopravvenne la guerra del 1859. Quindi sospensione di ogni affare.

Nel 1861 il dott. Tubi propose alla Società di fare un esperimento dell'applicazione dell'elice con una vera locomotiva; ma non già in base agli studii e disegni dell'ingegnere Moorsom, ma sibbene dietro ad un suo particolare progetto che, a detta del medesimo Tubi, si poteva effettuare con pochissima spesa. Dall'essere, per mal inteso

zelo di rendere possibile l'esperimento con poca spesa, stata fatta dal dott. Tubi questa sciaguratissima proposta e dall'essere stata per riprovevole lesineria accolta, bisogna ripetere le sventure di una Società che spese, non ostante, più di cento mila franchi, e sprecò sei anni di un tempo preziosissimo.

Una sola cosa, (importantissima per altro) risultò dagli esperimenti fatti a Sestri Ponente di Genova con una vera locomotiva secondo il progetto del dott. Tubi, ed è che l'elice può fare quindici giri al minuto secondo ed apprendersi felicemente alle rotelle; unico dubbio e rimarco che si faceva anche dal relatore Magrini sul progetto Moorsom nel suo magnifico rapporto all'Istituto Lombardo. Questo dubbio ora è sciolto dal fatto compiuto a Sestri Ponente, benchè in tutto il resto in condizioni deplorabilissime.

Il disegno Tubi è un'infelice contraffazione e scissura del disegno Moorsom, al quale solo si avrebbe dovuto attenersi per riuscire compiutamente, come si riuscirà ritornandovi ed attuandolo.

E fu sciagura che la Commissione Governativa incaricata di studiare i mezzi per vincere le forti pendenze sulle ferrovie abbia dovuto assistere ad un esperimento dell'invenzione Grassi fatto, non già secondo gli studii e disegni dell'ing. Moorsom, ma secondo l'infelice progetto Tubi che non aveva di comune col primo che l'elice (collocata però non più sotto la locomotiva, ma sotto un carro d'aggiunta, onde poter servirsi nell'esperimento di una vecchia locomotiva da scarto) e che lo stesso Tubi per distinguerlo dal disegno Moorsom, intitolò Sistema Grassi e Tubi.

Esaminando il progetto Moorsom è ovvio il riconoscere che dei pochi rimarchi fatti da quella Commissione, la maggior parte riguardano difetti che sono proprii soltanto del progetto Tubi e che nel progetto Moorsom non esistono, non rimanendo applicabili al progetto Moorsom che i tre esposti alle pag. 321, 322 e 324, la cui insussistenza viene dimostrata nella Nota A, ed i due esposti alla pagina 317, ed alle pagine 320 e 323, che vengono completamente tolti di mezzo colle modificazioni, non alteranti

sostanzialmente il progetto Moorsom, suggerite nella Nota B.

Il progetto Tubi era ideato nel pressochè inutile scopo di far servire sui piani fortemente inclinati la stessa locomotiva che trascinerebbe il convoglio sulle livellette ordinarie, mentre invece il progetto Moorsom è, come deve essere, il progetto di una locomotiva speciale, nella quale tutte le parti sono saggiamente coordinate al solo scopo di superare le pendenze del 5 p. 0[0 ed oltre, lungo tratto di ferrovie appositamente armate di rotelle.

La Commissione saggiamente dichiarò che limitava il suo giudizio allo *stato presente* dell' esperimento fatto col progetto Tubi, il che equivale al dire che ammetteva la probabilità che venga definitivamente sciolto il problema di salire colle locomotive sulle forti pendenze, mediante un' applicazione dell' elice meglio intesa, come dovrassi necessariamente verificare attuando il progetto Moorsom.

I pregi del progetto Moorsom sono sviluppati nell'elaboratissimo rapporto Magrini. Solo qui faremo riflettere che il non approfittare, come fece il Tubi, dell'aderenza obbligata delle ruote motrici, ossia del peso indispensabile della locomotiva, aderenza che rappresenta una gran parte dello sforzo di trazione del convoglio, è un rifiutare un potentissimo sussidio, (come molto opportunamente fa rimarcare anche la Commissione succitata alla pag. 326) che naturalmente, anzi necessariamente si presenta a chi se ne sappia valere, come lo seppe fare l' ing. Moorsom.

La locomotiva Grassi, non dovendo, come la locomotiva Fell, vincere l' attrito dello strettoio che forma l'aderenza artificiale, potrà rimorchiare oltre il quadruplo del peso utile rimorchiato da questa, — non richiedendo perciò, come la locomotiva Fell un' eccessiva moltiplicazione di convogli di poco peso *seguentisi a piccole distanze, incrociantisi più volte nel tragitto e pendenti come una continua minaccia gli uni sugli altri.* (Commissione, ecc., pag. 247), e non essendo un *sistema,* come l'Agudio, *essenzialmente ad una sola via,* (Commissione, ecc., pag. 207), ma essendo attuabile tanto con semplice che con doppio binario, secondo l'importanza del traffico e della circolazione, permetterà un *movimento*

uguale a quello dei Giovi e, come quello, suscettibile d'essere, occorrendo, raddoppiato. (Commissione, ecc., pag. 247), — eliminando molto meglio che non facciano i sistemi Fell ed Agudio ogni possibilità di disastro tanto nell'ascesa che nella discesa, sarà ben lungi dal potere, come i detti sistemi, incutere *timore nel pubblico e quindi sfiducia e diminuzione di proventi* (Commissione, ecc., pag. 247), — non importando alcun trascarico (transbordement), *inevitabile inconveniente del sistema Fell* (Commissione, ecc. pag. 247), non sarà causa, come quello di *ritardi* per questo titolo nell'esercizio, nè di dover far *prendere ai veicoli ed alle locomotive un'altra strada più lunga e più costosa, con incaglio del servizio e diminuzione di reddito* (Commissione, ecc., pag. 247). — In una parola la locomotiva ad elice si presta a tutte le esigenze di un buono e sicuro servizio, non già solo provvisorio, ma definitivo, qualunque sia il grado del movimento al quale venga applicato, rendendo per gli enormi risparmii nelle costruzioni commercialmente utili tanto le grandi vie di comunicazione, quanto l'impianto od il compimento delle secondarie reti ferroviarie in terreni montuosi.

A compiere al vero l'esperimento del progetto Moorsom, ora divenuto non più dubbio nella riuscita, ma necessariamente richiesto per l'evidenza e la pratica applicazione del medesimo, occorrono L. 300,000, compresa la costruzione di un apposito tronco di ferrovia, come si evince dalla relazione dello stesso Moorsom, che accompagna il suo accuratissimo disegno. Questa spesa che verrà d'altronde erogata in località, dove sia convenientemente utilizzabile anche dopo l'esperimento, quante assai maggiori, enormemente maggiori, non ne farà risparmiare! Alcune linee vagheggiate e ritenute ora come ineffettuabili per la preventivata enorme somma indispensabile ai lunghi o molteplici trafori, coll'applicazione di questo sistema, si rendono nonchè possibili, facilmente attuabili con modico relativo dispendio e tempo breve, e senza personale pericolo, sia nella costruzione, sia nel successivo esercizio.

Quanto vantaggio ne deriverà alla nostra comune patria!

L' Italia chiusa al Nord dalla catena delle Alpi, ed attraversata per quanto è lunga da quella dell'Appennino, sente la necessità di congiungere la propria rete ferroviaria con quelle della Francia, della Svizzera e della Germania, e di mettere in comunicazione le due rive dell'Adriatico e del Mediterraneo con ferrovie che di tratto in tratto congiungano tra di loro i due mari, toccando le cospicue città centrali e facendo capo ai porti delle città litorali. La Sicilia e la Sardegna destinate ad un grande avvenire per la svegliatezza e pel genio dei loro abitanti e per la ricchezza dei loro prodotti, presentano colla loro montuosa superficie non piccolo ostacolo all'attuazione di una rete ferroviaria di limitato costo, quale si richiederebbe al completo sviluppo dei loro elementi di prosperità. Immense somme si richiederebbero ai giganteschi molteplici trafori ed alle altre opere d' arte, che verrebbero coll' applicazione del sistema ad elice per gran parte risparmiate.

La immancabile buona riuscita dell'esperimento aprirebbe perciò il campo alla più estesa e più generale applicazione del sistema ad elice del dott. Giuseppe Grassi nelle diverse regioni d' Europa non solo, ma altresì d' ogni altra parte del mondo, e non si potrebbe calcolare fino a qual punto arriverebbero gli utili che in base ai privilegi esclusivi accordati dai diversi Governi alla Società Velini e C. sarebbero per ridondare agli intraprenditori, ai cooperatori, ai concessionarii di linee ferroviarie, nella costruzione delle quali si abbiano necessariamente ad attraversare più o meno imponenti catene di monti.

Milano, 24 aprile 1867.

Dott. **Giuseppe Grassi.**
Ing. **Francesco Pessina.**

Nota A

Sulla non sussistenza di alcuni rimarchi fatta dalla Commissione Governativa incaricata di studiare i mezzi per vincere le forti pendenze delle ferrovie.

Primo rimarco della Commissione Governativa nella sua Relazione sul sistema di locomotive ad elice dei signori Grassi e Tubi a pagina 321 linea 20-24, « *Ma ciò non pare essere intenzione degli inventori* (quella di aumentare la velocità della rotazione dell'elice mediante ingranaggi), *i quali avrebbero ragione, perchè gli ingranaggi che si vollero a più riprese introdurre nelle locomotive non fecero buona prova; se ne ha infatti un esempio recente nelle macchine Engerth nelle quali si era dapprima disposto un ingranaggio per accoppiare le ruote del tender a quelle delle locomotive, ma non tardò ad esser soppresso.*

Non si comprende come venga dai signori Commissarii attribuita ai signori Grassi e Tubi l'intenzione di non voler servirsi degli ingranaggi per aumentare la velocità della rotazione dell'elice, mentre nella macchina che servì all'esperimento a Sestri Ponente di Genova, sul quale viene pronunciato il giudizio, l'elice era posta appunto in moto mediante ingranaggi che, sebbene non costrutti colla dovuta esattezza e perfezione, funzionarono soddisfacentissimamente in modo da potersi constatare che l'elice poteva fare quindici giri al minuto secondo ed apprendersi felicemente alle rotelle.

Sulla questione degli ingranaggi poi è provato che non fanno buona prova quelli, nei quali non si può stabilire rigidezza di sistema, come tra una *dentiera continuata lungo il binario* e le *ruote dentate applicate alle locomotive.... in conseguenza della difficoltà di conservare la voluta esattezza nelle posizioni relative delle ruote e della dentiera* (Relazione della Commissione, pag. 314), sia per effetto dei diversi dilatamenti e restringimenti prodotti dal variare della temperatura, che per causa dei sussulti della locomotiva in moto.

Per una consimile ragione fecero cattiva prova e si dovettero abbandonare gli ingranaggi disposti nelle macchine Engerth per *accoppiare le ruote posteriori della locomotiva con quella del tender*, cioè *per il grave inconveniente, che essendo essi stabiliti su due carri non costituenti un sistema ben rigido e solidale, non resistevano agli urti e si rompevano ad ogni momento.* (Rapporto all'Istituto Lombardo di Scienze. Lettere ed Arti della Commissione Accademica 9 luglio 1857, pag. 5).

Da chi tende a generalizzare con troppa facilità i giudizj che sono giusti e ragionevoli in casi speciali, senza fermarsi ad analizzarne le cause, si intende talora ripetere che gli ingranaggi non fanno buona prova nelle macchine viaggianti. Ma tale generalizzazione assoluta è in molti casi erronea. Ammesso che nei casi suesposti gli ingranaggi non devono usarsi, ammesso che non sono forse consigliabili per mettere in moto le ruote verticali di un battello, per gli urti che ricevono le pale al momento della loro immersione, nè le ruote motrici di una locomotiva in causa dei sussulti rigidi sulla rotaja, gli strisciamenti nelle curve e simili, ed in generale in tutti i casi nei quali gli urti rigidi colpiscono la parte del meccanismo, in cui va a concentrarsi la massima velocità prodotta dal sistema d'ingranaggio, ammesso che sarebbe un' inutile complicazione l' introdurre gli ingranaggi ove non siano necessarii; — sta sempre che gli ingranaggi fanno buona prova per ottenere la necessaria velocità della rotazione dell'elice nei battelli a vapore, e che devono far buona prova, come la fecero nell'esperimento a Sestri Ponente di Genova, ad onta della imperfetta loro costruzione, per far rotare l'elice della locomotiva Grassi. Imperciocchè tanto nei battelli che nella locomotiva ad elice servendo l' ingranaggio ad aumentare la velocità di rotazione dell'elice, la quale pel suo modo di agire produce poi un'assai minore velocità di avanzamento nella corsa del battello o della locomotiva; ne risulta che lo sforzo per produrre la maggior velocità dell'elice è diminuito appunto dal modo di agire dell' elice. Ed inoltre tanto nei battelli che nella locomotiva ad elice la resistenza

è uniforme, cedevole, volvente, senza urti rigidi che possano dissestare il meccanismo, urti che non possono aver luogo nel modo di agire dell'elice Grassi, quando l'ingranaggio e tutti i membri del meccanismo, e tutte senza eccezioni le parti della locomotiva siano perfettamente costrutti secondo il progetto Moorsom, e non si voglia, per mal intesa economia di spese, usare di una locomotiva da scarto coll'aggiunta di un carro portante l'elice ed una barcollante baracca per farla agire, come nell'esperimento a Sestri Ponente di Genova, e quando il binario invece di essere posto insieme alla meglio, e senza uniformità di sistema ed instabilmente posato su terra di fresco ammucchiata per un apparecchio di semplice esperimento, venga solidamente costrutto sopra un solido piano, secondo il sistema progettato dall'ingegnere Moorsom.

Secondo rimarco della Commissione Governativa nella succitata Relazione alla pagina 322 primo capo-verso: *Ciò non ostante si richiederà nel collocamento delle rotelle e nella costruzione dell'elice una perfezione impossibile a raggiungere in pratica; infatti le rotelle dovranno essere collocate ad una distanza tale che siano sempre raccolte dall'elice nel vano tra un filetto e l'altro; supponendo ora che vi sia anche solamente un piccolissimo errore nel passo dell'elice, per esempio di un decimo di millimetro, dopo fatte mille rivoluzioni, si avrà già l'errore di un decimetro più che sufficiente perchè la rotella si trovi corrispondere alla parte piena, ossia al filetto, invece di trovarsi giusta nel vano tra due filetti; egli è bensì vero che i costruttori hanno scartato il primo tratto del filetto alquanto dalla sua traccia, affinchè possa, a guisa di imbuto, essere sicuro di raccogliere le rotelle; ma con ciò non si impedisce che ne nascano degli strisciamenti nocivi sia al motore, sia alle rotelle.*

È dolentissimo chi scrive di dover essere costretto a farrimarcare l'errore d'apprezziazione in cui incorse la Commissione nel sussiferito paragrafo, errore che, attesa la sa-

pienza delle rispettabili persone che componevano quella Commissione, non può attribuirsi che ad una svista.

Limitandoci a parlare dell' azione dell'elice nell' ascesa (poichè nella discesa l' elice deve agire unicamente come freno e senza concomitanza di azione colle ruote motrici, come si esporrà nella nota *B*), non sembra vero come i signori Commissarii non si siano avveduti che il supposto errore di un decimo di millimetro, non si può in niun modo moltiplicare per 1000 rivoluzioni, ma soltanto pel numero delle rivoluzioni che può far l' elice per passare da una rotella all' altra cioè per rivoluzioni 3 1[3 circa, con che il supposto errore non diventerebbe di un decimetro, ma soltanto di 3 1[3 decimi di millimetro. Diffatti giunta l'estremità anteriore del filetto dell'elice alla rotella immediatamente successiva a quella già investita e che sta per abbandonare, o il suddetto errore di M. 0, 000 333 si verifica in meno o si verifica in più nell' avanzamento dell' elice in confronto del punto in cui trovasi collocata la rotella che sta per essere investita. Se in meno, il leggero scartamento dalla sua traccia del primo tratto del filetto dall' elice basterà per raccogliere la rotella senza alcun urto, equivalendo lo scartamento del primo tratto del filetto ad un leggero allungamento del passo dell'elice, e senza neppure alcuno strisciamento che possa essere sensibilmente nocivo al motore ed alle rotelle per la tenuità a cui deve necessariamente ridursi il microscopico errore di distanza da una rotella all' altra immediatamente successiva, strisciamento poi, che diventa affatto nullo ed impossibile nella macchina Moorsom per la concomitanza dell' azione dell'elice colle ruote motrici e pel leggero avanzamento dello sviluppo delle motrici stesse in confronto al passo dell' elice che quell' avvedutissimo meccanico, che era l'ing. Moorsom, sapientissimamente stabilì nel suo progetto (veggasi il Rapporto 9 luglio 1857 all'Istituto Lombardo di Scienze Lettere ed Arti, pag. 16 e 17). Se poi il detto errore si verifica in più, appena il filetto avrà abbandonata la rotella anteriormente investita, l'azione della gravità che si oppone all'ascesa del convoglio ten-

derà a far accostare il filetto dell'elice alla circonferenza della rotella, ed il filetto si troverà indubbiamente, prima di abbandonare la rotella, in contatto della medesima precisamente nello stesso modo che l'azione della gravità tende a correggere e rendere innocuo il leggero avanzamento dello sviluppo delle ruote motrici in confronto del passo dell'elice che tanto giova nel caso del difetto contrario, come si disse sopra, e che fu stabilito dall' ing. Moorsom nello scopo che anche consumandosi alquanto coll' uso i cerchi delle motrici, non importino queste troppo frequenti riparazioni per rimediare alla diminuzione del loro diametro. — È poi evidente che anche in questa seconda ipotesi di un errore in più, l' accostamento del filetto dell'elice alla circonferenza della rotella deve necessariamente succedere senza urto sensibile per l'azione volvente del filetto dell'elice e della circonferenza della rotella.

È inutile poi rimarcare che tali errori non possono essere che parziali a qualche singola rotella, poichè ognun sa che per distribuire le rotelle non si deve misurare isolatamente la distanza di mano in mano da una rotella all'altra, ma che, misurata con tutta l'esattezza e le cautele d' arte una tratta di lunghezza corrispondente alla somma delle distanze di molte rotelle, si distribuiscono poi entro i punti nei quali devono essere fissate le singole rotelle.

Terzo rimarco della Commissione Governativa nella surripetuta relazione alla pagina 324, quinto e sesto capoverso.

Infatti le puleggie dovendo, nel momento in cui succede il contatto colle spire dell' elice, passare rapidamente dallo stato di quiete ad una velocità di rotazione tale che la velocità alla circonferenza sia eguale a quella del filetto dell'elice, ne succederà un urto di cui si può avere facilmente un'idea calcolando il lavoro necessario per far prendere alla puleggia la velocità suddetta: tale urto meno dannoso sarebbe, se il contatto dell' elice colla puleggia avesse luogo tangenzialmente con tutta l'esattezza; ma per le irregolarità che, come si è detto di sopra è impossibile evitare nella

posizione delle rotelle, non potrà a meno di prendere un carattere ben altrimenti nocivo.

Gli inventori avevano avuto l'idea di imprimere alle rotelle un movimento di rotazione, prima che venissero in contatto coll' elice, facendo strisciare contro le rotelle una lastra metallica elastica, collocata sotto il tender parallelamente all'asse della via in modo che la lastra toccasse le rotelle prima dell' elice, ma oltrechè la lastra camminerebbe con velocità minore di quella con cui si move il filetto dell'elice e non potrebbe quindi comunicare alle rotelle tutta la velocità voluta, si può ancora osservare che tanto varrebbe lasciarle urtare dall'elice, perchè in un modo o l'altro l'urto sarebbe a danno sia delle rotelle, sia del motore. Forse per queste considerazioni gli inventori hanno rinunziato a tale combinazione.

L'esperimento che ebbe luogo a Sestri Ponente di Genova sciogliendo col fatto anche il dubbio che su questo argomento erasi accennato dal relatore Magrini nel suo Rapporto all'Istituto Lombardo (pag. 14 e 15), ha già comprovato che il filetto dell'elice colla velocità di quindici rivoluzioni al minuto secondo investiva felicemente le rotelle, ascendeva il piano inclinato, si fermava e ripartiva facilmente, senza dar luogo ad inconveniente di sorta, quantunque le rotelle sostenessero da sè sole tutto lo sforzo prodotto non soltanto dal peso della locomotiva, del tender, e del carro d' aggiunta per l'elice coi relativi stantuffi e meccanismi per far agire il vapore direttamente sull'elice, ma anche dall'azione delle ruote motrici che per prova si fecero agire a tutto vapore (per mezzo dei relativi stantuffi indipendenti da quelli agenti sull'elice) in senso retrogrado obbligandole a strisciare a grande velocità per girare in senso della discesa, mentre la locomotiva era trascinata dall'elice colla velocità di 15 rivoluzioni al minuto secondo in senso dell'ascesa, *essendo di fatto che una locomotiva assai grossa agendo a tutto vapore ed al rovescio, come agiva allora quella e trascinata ad ascendere un piano inclinanto di oltre il* 5 *per* 100 *rappresentava ed equivaleva ad un treno di merci dei massimi.* (Veggasi lettera dell'ingegnere meccanico Westerman 2 febbraio 1866).

Nel progetto Moorsom invece l' elice agisce di conserva colle ruote motrici, le quali, come già si disse superiormente, avendo un leggero maggior avanzamento nel loro sviluppo in confronto del passo dell' elice tendono a far sì che il filetto dell' elice non tocchi o tocchi leggerissimamente la circonferenza della rotella nel primo istante in cui la investe. In conseguenza pertanto della concomitanza di azione dell' elice colle ruote motrici viene reso impossibile che non avvenga tangenzialmente il contatto dell' elice colle rotelle collocate coll' esattezza raggiungibile da esperti costruttori e facilmente conservabile da diligenti guardiani; e resta in pari tempo minorato lo sforzo sulle rotelle, e per conseguenza minorato il lavoro necessario per far prendere alla puleggia la velocità eguale a quella del filetto dell' elice, il qual lavoro deve essere proporzionale allo sforzo sulle rotelle per trascinare il convoglio.

Le conseguenze dedotte dalla Commissione di urti dannosi contro le rotelle provengono dai supporti esagerati ai quali appoggiò i suoi calcoli, supposti che non si verificano in fatto, che sono in contraddizione col risultato dell' esperimento di Sestri Ponente di Genova, sebbene eseguito in condizioni tanto deplorabili sotto ogni aspetto, e che dal progetto Moorsom poi sono resi assolutamente assurdi.

Nota B

Sul modo di togliere di mezzo alcuni rimarchi fatti dalla Commissione Governativa incaricata di studiare i mezzi per vincere le forti pendenze sulle ferrovie.

Primo rimarco a pagina 317 — 4.° capo-verso. — *Se poi si volesse ricorrere a locomotive speciali onde ottenere un maggiore sforzo di trazione con discreta velocità si andrebbe incontro allo stesso inconveniente di dover diminuire la velocità od il peso del convoglio, perchè il maggior peso che si dovrebbe dare alla locomotiva, unicamente per renderla capace di sviluppare il maggior lavoro dinamico che le si chiederebbe, cagionerebbe egualmente una diminuzione del rapporto del peso del convoglio a quello della locomotiva, inconveniente che aumenterebbe in una rapida proporzione col crescere della salita.*

La locomotiva Moorsom è diffatti una locomotiva speciale, la quale deve essere capace di sviluppare il maggior lavoro dinamico che è necessario per trascinare un convoglio di 100 tonnellate con discreta velocità sulla pendenza del 50 per mille ed anche maggiore. Ma non ne viene di necessaria ed inevitabile conseguenza che si debba aumentare in proporzione il peso della locomotiva. Questa è una necessità nelle speciali locomotive, come quelle che percorrono il piano inclinato dei Giovi, nelle quali è richiesto l'aumento del peso anche per aumentare l'aderenza delle motrici sulla rotaia. Ma nel nostro caso in cui basta il rendere la locomotiva capace unicamente di maggiore sforzo di trazione, l'arte suggerisce altri mezzi per aumentare la potenza di una locomotiva senza aumentarne il peso, quale sarebbe quello di sostituire l'acciajo al ferro nella costruzione, sia della caldaja che della maggior parte degli altri suoi membri, col qual mezzo il peso di una locomotiva speciale di maggior forza, lungi dal doversi proporzionatamente aumentare in confronto delle locomotive ordinarie, verrebbe anzi sensibilmente diminuito.

Secondo rimarco — pagina 320 — linea 4.a — *Ma allungando il passo si incontra in un altro inconveniente, cioè che siccome l'angolo della tangente dell'elice colla generatrice rettilinea del cilindro su cui l'elice si ravvolge diventa maggiore, ne risulta che il punto di contatto delle spire colle rotelle si scosta sempre più dall'asse del binario e quindi la direzione della pressione dell'elice sulle rotelle si fa sempre più obbliqua a questo asse: cresce quindi lo sforzo che tende a spostare l'armamento.* Pag. 323, ultimo capoverso. — *Se anche sotto questo rapporto non sarebbe difficile l'ottenere con un diametro* del perno delle rotelle) *ammissibile in pratica la resistenza sufficiente anche per* [illegible] *il maggior peso. Siccome però lo sforzo sostenuto dal perno delle rotelle si trasporta tutto sull'armamento,* [illegible] *per la conservazione di questo, per quanto solido voglia costruirsi.*

Questo, a giudizio dello scrivente, è l'unico fra i rimarchi di una certa quale serietà, che può essere applicabile anche al Progetto Moorsom, riguardando tutti gli altri tassativamente il progetto Tubi e non essendo punto applicabili al progetto Moorsom.

[illegible] ammettere però che l'obliquità *della direzione della pressione dell'elice sulle rotelle* giranti orizzontalmente deve produrre *uno sforzo che tende a spostare l'armamento,* non si può punto ammettere che non vi si possa ovviare, anche senza introdurre la benchè minima alterazione o modificazione nel progetto Moorsom, presentandosi facilmente [illegible] diversi mezzi per opporsi a questa tendenza allo spostamento e renderla nulla, quali sarebbero per [illegible] la costruzione longitudinalmente a sinistra della [illegible] intelajatura del progetto Moorsom, che forma la [illegible] dell'armamento, di un murello abbastanza grosso, e [illegible] superiore della detta intelajatura si approfondi sufficientemente nel terreno da contrabbilanciare ed annullare lo sforzo che tende a spostare l'armamento, e [illegible] a questo effetto l'infissione nel suolo di [illegible] di tratto in tratto lungo il bordo sinistro della detta intelajatura, come talora per precauzione si usa in-

figgerli aderentemente alla testa delle traversine lungo la linea di maggior sviluppo delle curve di piccolo raggio per contrabbilanciare lo sforzo dei convogli che tende a spostarle. (Veggasi il Rapporto 9 luglio 1857 della Commissione Accademica dell'Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed Arti — pag. 11, 12, 13, 14).

Ma vi ha un mezzo facilissimo, che senza aumentare sensibilmente la spesa della costruzione dell'armamento e senza alterare sostanzialmente il progetto Moorsom, non solo elimina affatto ogni tendenza dell'azione dell'elice a spostare l'armamento, ma presenta ben anche rilevantissimi vantaggi per la manutenzione dell'armamento e per la sicurezza dell'esercizio in località e stagioni di forti geli: e questo mezzo è il seguente:

Invece di disporre le rotelle coll'asse verticale lungo l'asse del binario e perciò giranti orizzontalmente, come nel progetto Moorsom, si dispongano le rotelle a sinistra, ascendendo, dell'elice coll'asse orizzontale solidamente fissato nel trave longitudinale di sostegno (che si stabilirà perciò non già in corrispondenza all'asse del binario, ma opportunamente alquanto più a sinistra, ascendendo, dell'asse stesso ed alquanto più elevato dei laterali travi pure longitudinali sostenenti le rotaje), di modo che le rotelle saranno girevoli verticalmente e saranno investite dal filetto dell'elice in direzione dal basso all'alto e parallela all'asse del binario, e l'angolo che la direzione del filetto dell'elice avrebbe fatto nel progetto Moorsom coll'asse del binario, ora lo farebbe invece col piano della livelletta ascendente della strada, cosicchè mentre nel disegno Moorsom la pressione del filetto dell'elice tendeva con uno sforzo, obliquo all'asse del binario, a spostare l'armamento a sinistra, in quest'altra posizione tenderebbe con uno sforzo obliquo alla pendenza della livelletta della ferrovia e coincidente prossimamente coll'orizzontale, e perciò di influenza debolissima, anzi neppure praticamente sensibile, ad innalzarlo, sforzo poi che in ogni modo resta completamente paralizzato dal peso dell'armamento stesso e della locomotiva gravitante sui travi laterali che formano un

